



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES INTELIGENTES, CON NODOS ROBOTIZADOS PARA LA SUPERVISIÓN EN LÍNEA DEL ECOSISTEMA Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA PRESENTE EN LAGOS Y LAGUNAS”

MARÍA JOSÉ MENDOZA SALAZAR

**Trabajo de Titulación modalidad: Proyecto de Investigación y Desarrollo, presentado ante
el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como
requisito parcial para la obtención del grado de:**

MAGISTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

RIOBAMBA – ECUADOR

Noviembre 2017

©**2017**, María José Mendoza Salazar

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, denominado:
“IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES INTELIGENTES, CON NODOS ROBOTIZADOS PARA LA SUPERVISIÓN EN LÍNEA DEL ECOSISTEMA Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA PRESENTE EN LAGOS Y LAGUNAS”, de responsabilidad de la Ingeniera María José Mendoza Salazar, ha sido minuciosamente revisado y se autoriza su presentación.

Ing. Wilson Zúñiga Vinuesa M.Sc.

PRESIDENTE

Ing. José Guerra Salazar M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Germania Veloz Remache M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. José Morales Gordon M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Riobamba, noviembre 2017

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, María José Mendoza Salazar soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

María José Mendoza Salazar

No. Cédula: 060444476-0

Yo, María José Mendoza Salazar, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

María José Mendoza Salazar

No. Cédula: 060444476-0

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios por permitirme cumplir esta meta, a mi madre por sus amorosos cuidados, y a todos aquellos que con su apoyo y confianza hicieron posible el culminar de este tan anhelado sueño.

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a mi Tutor y miembros del Tribunal, amigos profesores que con su acertada dirección se logró terminar el presente trabajo de investigación.

A mi familia por su apoyo y comprensión

María José

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	4
1 Planteamiento del problema	4
1.1. Situación problemática	4
1.2. Formulación del problema	5
1.3. Preguntas directrices o específicas de la investigación.	5
1.4. Justificación.....	5
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1 <i>Objetivo general</i>	6
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
1.6. Hipótesis	7
1.6.1 <i>Hipótesis general</i>	7
1.6.2 <i>Hipótesis específicas</i>	7
CAPITULO II	8
2 MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Contaminación de Lagos y Lagunas.....	9
2.3. Características de los lagos y lagunas.....	11
2.3.1 <i>Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua de lagos y lagunas</i>	11
2.3.1.1 <i>Parámetros físicos</i>	11
2.3.1.2 <i>Parámetros químicos</i>	12
2.3.1.3 <i>Parámetros biológicos</i>	12
2.4. Equipos de medición de parámetros del agua.....	13
2.5. Trabajos en la localidad	14
2.6. Red inalámbrica de sensores (WSN)	15
2.7. Componentes de una red de Sensores WSN.....	15
2.7.1 <i>Nodos Sensores</i>	15
2.7.2 <i>Puertas de enlace</i>	16
2.7.3 <i>Estaciones base</i>	17
2.8. Topologías de Red WSN	17

2.8.1	<i>Topología punto a punto</i>	17
2.8.2	<i>Topología en estrella</i>	17
2.8.3	<i>Topología en malla</i>	18
2.8.4	<i>Topología Híbrida Estrella-Malla</i>	18
2.9.	<i>Tecnologías inalámbricas</i>	19
2.9.1	<i>GPS</i>	20
2.9.2	<i>GSM</i>	20
2.9.3	<i>ZigBee</i>	20
2.9.4	<i>Wi-Fi</i>	20
2.10.	<i>Tarjetas de desarrollo aplicadas a la WSN</i>	21
2.10.1	<i>Arduino</i>	21
2.10.2	<i>Intel Galileo</i>	22
2.10.3	<i>Raspberry Pi</i>	23
2.10.4	<i>Libelium-Waspmote</i>	23
CAPITULO III		26
3	DISEÑO DE <i>HARDWARE</i> Y <i>SOFTWARE</i> DEL SISTEMA	26
3.1.	Introducción	26
3.2.	Requerimientos del hardware del SSECAL	26
3.3.	Arquitectura del SSECAL	26
3.3.1	<i>Nodo Robotizado Acuático (NRA)</i>	27
3.3.2	<i>Estación Remota en Tierra (ERT)</i>	28
3.3.3	<i>Módulo de Aviso</i>	29
3.4.	Selección de los elementos del SSECAL	29
3.4.1	<i>Procesadores de la información en los módulos del SSECAL</i>	30
3.4.1.1	<i>Arduino UNO</i>	30
3.4.1.2	<i>Arduino Mega 2560</i>	30
3.4.2	<i>Sensores del NRA</i>	31
3.4.2.1	<i>Sensor de temperatura y humedad relativa del ambiente (AM2301)</i>	32
3.4.2.2	<i>Sensor de temperatura del agua DS18B20</i>	32
3.4.2.3	<i>Logo Ph Sensor v1.1</i>	33
3.4.2.4	<i>Sensor de conductividad</i>	34
3.4.2.5	<i>Sensor SKU SEN0189</i>	34
3.4.2.6	<i>Módulo GPS NEO 6M</i>	34
3.4.2.7	<i>WANS CAM HW0024 W</i>	35
3.4.3	<i>Estructura del Nodo Robotizado</i>	36

3.4.3.1	<i>Driver dual para motores (Full-Bridge) – L298N.....</i>	37
3.4.3.2	<i>Motores Motorreductores DC</i>	37
3.4.4	<i>Transmisión y recepción de información</i>	38
3.4.4.1	<i>XBee-PRO 900 OEM.....</i>	38
3.4.4.2	<i>GSM/GPRS SIM 900's.....</i>	39
3.4.4.3	<i>Flysky Fs-i6</i>	39
3.5.	<i>Esquema de Conexión del SSECAL</i>	40
3.6.	<i>Requerimientos del Software del SSECAL</i>	41
3.6.1	<i>Requerimientos del software para el NRA.....</i>	41
3.6.2	<i>Requerimiento de software para la ERT.....</i>	42
3.6.3	<i>Requerimientos de software para el Módulo de Aviso</i>	42
3.7.	<i>Descripción del software de desarrollo.....</i>	42
3.7.1	<i>Software para la plataforma del hardware libre del Arduino.....</i>	42
3.7.2	<i>Software LabVIEW.....</i>	43
3.7.3	<i>Software Android Studio</i>	43
3.8.	<i>Diagrama de Flujo del programa del NRA</i>	43
3.9.	<i>Diagrama de Flujo del programa de la ERT</i>	46
3.10.	<i>Diagrama de Flujo del programa del Módulo de Aviso</i>	47
3.11.	<i>Software de recolección en la ERT</i>	48
	CAPÍTULO IV	50
4	<i>Validación del SSECAL</i>	50
4.1.	<i>Introducción</i>	50
4.2.	<i>Caracterización del NRA.....</i>	50
4.2.1	<i>Caracterización de las mediciones realizadas por el NRA.....</i>	50
4.2.1.1	<i>Caracterización de las mediciones de temperatura y humedad relativa ambiente.....</i>	51
4.2.1.2	<i>Caracterización de las mediciones de temperatura, pH, conductividad, turbidez del agua</i>	52
4.2.1.3	<i>Caracterización del sensor de posicionamiento GPS</i>	54
4.2.2	<i>Repetitividad del NRA.....</i>	55
4.2.2.1	<i>Repetitividad de los sensores de temperatura y humedad relativa ambiente, temperatura, Ph, conductividad, y turbidez del agua.....</i>	55
4.3.	<i>Caracterización de las comunicaciones del SSECAL</i>	57
4.3.1	<i>Evaluación de la comunicación del NRA, en el proceso de recolección de datos por la ERT.....</i>	57
4.3.2	<i>Evaluación de la comunicación del Módulo de Aviso.....</i>	58

4.4.	Funcionamiento del SSECAL	59
4.5.	Análisis económico de la implementación del SSECAL	60
	CONCLUSIONES.....	61
	RECOMENDACIONES.....	62
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2 Ataques que sufren los ecosistemas de agua dulce	9
Tabla 2-2 Características de ZigBee, Bluetooth, Wifi	21
Tabla 3-2 Comparativa entre tarjetas de desarrollo	24
Tabla 1-3 Rango de parámetros físico químicos.....	31
Tabla 1-4 Mediciones con los sensores de temperatura y humedad del ambiente	52
Tabla 2-4 Mediciones con los sensores de temperatura, pH, conductividad y turbidez del agua	53
Tabla 3-4 Evaluación de repetitividad de las mediciones de los sensores del NRA	56
Tabla 4-4 Costos de los elementos que conforman el SSECAL	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Componentes del ecosistema de lagos y lagunas	11
Figura 2-2 Medidor digital de temperatura TDS&EC	13
Figura 2-3 SevenMultiTM medidor de pH.....	14
Figura 2-4 Componentes de una red inalámbrica de sensores WSN	15
Figura 2-5-2 Arquitectura del nodo sensor.....	16
Figura 2-6-2 Ejemplos de sensores	16
Figura 2-7-2 Topología Punto a Punto	17
Figura 2-8-2 Topología en Estrella	18
Figura 2-9-2 Topología en Malla	18
Figura 2-10-2 Topología Híbrida	19
Figura 2-11-2 Tecnologías Inalámbricas	19
Figura 2-12-2 Gama de tarjetas Arduino.....	22
Figura 2-13-2 Tarjeta Intel Galileo	22
Figura 2-14-2 Gama de tarjetas Raspberry Pi.....	23
Figura 2-15-2 Libelium-Waspote.....	24
Figura 1-3 Arquitectura del SSECAL	27
Figura 2-3 Diagrama de bloques del NRA	28
Figura 3-3 Diagrama de la ERT del SSECAL.....	29
Figura 4-3 Diagrama de bloques del Módulo de Aviso del SSECAL	29
Figura 5-3 Placa Arduino UNO	30
Figura 6-3 Placa Arduino MEGA2560.....	31
Figura 7-3 Sensor AM2301 vista exterior e interior.....	32
Figura 8-3 Sensor de Temperatura Digital DS18B20.....	33
Figura 9-3 Sensor de pH del Agua, interfaz y electrodo.....	33
Figura 10-3 Sensor de conductividad	34
Figura 11-3 Sensor de turbidez	34
Figura 12-3 Módulo GPS NEO 6M	35
Figura 13-3 WANS CAM HW0024 W	35
Figura 14-3 Diseño del Nodo Robotizado.....	36
Figura 15-3 Nodo Robotizado.....	36
Figura 16-3 Driver dual para motores (Full-Bridge) – L298N	37
Figura 17-3 Motorreductores DC	38
Figura 18-3 XBee-PRO 900 OEM	38
Figura 19-3 GSM/GPRS SIM 900`s	39

Figura 20-3 Flysky Fs-i6.....	40
Figura 21-3 Esquema de conexión del NRA	41
Figura 22-3 Diagrama de flujo del programa principal del NRA	45
Figura 23-3 Diagrama de flujo del programa de la ERT	46
Figura 24-3 Diagrama de flujo del control del NRA con la ERT	47
Figura 25-3 Diagrama de flujo del Módulo de Aviso.....	48
Figura 26-3 Panel frontal de la herramienta virtual desarrollada en LabVIEW para el SSECAL	49
Figura 1-4 Fotografía del NRA	51
Figura 2-4 Trayectoria realizada por el sensor de posicionamiento del NRA y el equipo comercial Oregon 550T	54
Figura 3-4 Representación de la trayectoria realizada con el nodo robotizado utilizando el GPS Visualizer.	55
Figura 4-4 Verificación de la comunicación entre el NRA y la ERT	57
Figura 5-4 Módulo de Aviso en funcionamiento.....	58
Figura 6-4 Comprobación del estado de enlace de red	58
Figura 7-4 APP de la cámara robotizada.	59
Figura 8-4 Integración <i>hardware</i> y <i>software</i> del SSECAL.....	59

RESUMEN

Se aplicó una red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas utilizando tarjetas de desarrollo, el mismo es un sistema modular, parametrizable, de bajo costo, fácil instalación y manejo, se estructura como una red unidireccional tipo estrella, lo que permite incorporar nuevos módulos e identificar áreas críticas. De las pruebas realizadas se comprobó que el sistema diseñado es capaz de medir las variables con errores absolutos máximos en temperatura del agua de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, pH de ± 0.1 , turbidez de ± 1 UNT, conductividad de ± 1 S/cm, temperatura ambiente de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, humedad relativa ambiente de $\pm 3\%$ HR mediciones con una exactitud acorde a las de los sensores inteligentes utilizados en laboratorios; cada medición viene acompañada de la ubicación de la toma a través del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y la captura de video-imágenes del ecosistema acuático. Su tamaño y complejidad obedece a las dimensiones del medio. Consta de tres módulos que se comunican por radiofrecuencia hasta 10 Km sin obstáculos con una alimentación de 5 V, Wi-Fi y GSM. El primero denominado Nodo Robotizado Acuático formado por los sensores de supervisión del ecosistema y contaminación del agua contenidos en el nodo robotizado que navega por el lago o laguna obteniendo los datos que son enviados a los módulos restantes. El segundo una Estación Remota en Tierra que traduce, visualiza, almacena la información, y conduce el nodo robotizado acuático. El tercero un Módulo de Aviso encargado de recibir un mensaje en el dispositivo móvil cuando un parámetro supera los límites permisibles, a la vez que controla los movimientos de la cámara robotizada. La información que se pueda recopilar con el sistema genera bases de datos históricas que permitirán desarrollar modelos operacionales para predecir comportamientos que afecten a los lagos y lagunas.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGIA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, <TELECOMUNICACIONES>, <WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)>, <NODO ROBOTIZADO>, <SENSORES>, <POTENCIAL DE HIDRÒGENO (PH)>, <CONDUCTIVIDAD>, <SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMIENTO (GPS)>

SUMMARY

A wireless network of intelligent sensors with robotic nodes was applied for online supervision of the ecosystem and contamination of water present in lakes and lagoons using development cards. It is modular, setting up, cheap, easy installation and management system. It is structured as a unidirectional type star network, which allows the incorporation of new modules and the identification of critical areas. The designed system is able to measure variables with absolute maximum errors in water temperature $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; pH $\pm 0,1$; turbidity ± 1 UNT; conductivity ± 1 S/cm; atmosphere temperature $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; atmosphere relative humidity $\pm 3\%$ RH based on the tests applied, which measurements with an accuracy according to the intelligent sensors used in laboratories. Each measurement is accompanied by the location of the shot through the Global Positioning System (GPS) and the capture of video-images of the aquatic ecosystem. Its size and complexity is due to the dimensions of the environment. It consists of three modules that communicate for radiofrequency until 10 km without obstacles with a power supply of 5 V, Wi-Fi and GSM. The first called Aquatic Robotic Node formed by the monitoring sensors of the ecosystem and water pollution contained in the robotic node that navigates the lake or lagoon obtaining the data that is sent to the remaining modules. The second a Remote Ground Station that translates, visualizes, stores the information, and manage the aquatic robotic node. The third is a warning module responsible for receiving a message on the mobile device when a parameter exceeds the permissible limits, while controlling the movements of the robotic camera. The information that can be gathered with the system generates a historical databases that will allow the development of operational models to predict behaviors that affect the lakes and lagoons.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <TELECOMUNICATIONS>, <WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)>, <ROBOTIC NODE>, <SENSORS>, <HYDROGEN POTENTIAL (PH)>, <CONDUCTIVITY>, <GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)>

INTRODUCCIÓN

Los lagos y lagunas almacenan agua estancada, su profundidad varía entre 1 y 2000 m, y su superficie puede ser desde unos cuantos m² hasta miles de km². Se forman por el deshielo glacial o por la erosión, otros por el estancamiento de los ríos. Dada la íntima relación de los ecosistemas lacustres con los terrestres que los rodean, el aporte de materiales de unos a otros es inevitable. Hoy en día, cantidades importantes de sedimentos se depositan en los lagos provenientes de los alrededores. Las plantas que mueren y el aporte de materia orgánica producen mayor cantidad de materia en descomposición, sobre la que actúan las bacterias. Esta actividad consume la cantidad de oxígeno disuelto, modificando las condiciones del medio y restringiendo la vida por debajo de la superficie. El número de especies se reduce considerablemente y la actividad termina por limitarse a la superficie. (E. Belmonte, J. Bermúdez, A. Casino, E. Veres, 2003) Los lagos y lagunas permiten la circulación de las aguas superficiales, actúan como un regulador de las crecidas impidiendo inundaciones, moderan el clima de la región y son importantes centros turísticos, también funcionan como vías de comunicación, reservas potenciales de energía eléctrica y fuente de alimentación.

Son los ecosistemas más vulnerables al impacto humano, el 72% de los lagos y humedales del mundo están contaminados por vertidos urbanos e industriales, provocando más de la mitad de las enfermedades infecciosas que se conocen. Cada año, el agua mata a 25 millones de personas en los países menos desarrollados. (Organización, 2017)

El agua constituye una parte esencial de todo ecosistema, cualitativa y cuantitativamente, la reducción de la misma ya sea en cantidad, calidad, o en ambas, provoca efectos negativos graves sobre los ecosistemas. El medio ambiente tiene una capacidad natural de absorción y de autolimpieza, sin embargo, si se la sobrepasa, la biodiversidad se pierde, los medios de subsistencia disminuyen, las fuentes naturales de alimentos (por ejemplo, los peces) se deterioran y se generan costos de limpieza extremadamente elevados.

En nuestro país son escasas las investigaciones de estos ecosistemas y la contaminación del agua de los mismos, no se han incluido en los programas de desarrollo urbano, sólo la ciudad de Ibarra ha implementado un proyecto para recuperar las lagunas de la zona, pero no han generado investigaciones relevantes sobre el mismo. En la mayoría de los casos por la falta de equipos debido a sus altos costos y la ausencia de normativas a nivel local o nacional que promuevan su estudio.

La mayoría de sistemas que supervisan ecosistemas y calidad del agua trabajan por separado y las tomas de datos se analizan en laboratorios, los mismos se encuentran formados por el equipo de recolección de datos y el área de análisis de la información; sus limitaciones son los costos excesivos de equipos, su gran volumen que dificulta su traslado a diferentes lugares y la toma de muestra es en su mayoría de difícil acceso. Por lo que es necesario elaborar diseños que faciliten su movilidad.

Por lo expuesto anteriormente se ha desarrollado la investigación, cuyo objetivo es aplicar una red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas. Su implementación es de bajo costo comparado con equipos tradicionales, y su aplicación se enmarca en la búsqueda de soluciones para mejorar la calidad de vida de la población y del medio ambiente, para el desarrollo de esta investigación se convino la utilización de los siguientes métodos y técnicas:

Métodos Teóricos:

- **Revisión documental**, para conocer información relacionada al ecosistema y calidad del agua de lagos y lagunas, trabajos relacionados al objeto de estudio así como avances tecnológicos.
- **Histórico-lógico**, empleado para estudiar la evolución de los sistemas electrónicos para la supervisión de la calidad del agua.
- **Sistematización**, para aplicar la información bibliográfica y experimental al diseño del sistema de supervisión en línea del ecosistema y calidad del agua.
- **Análisis y síntesis**, para evaluar los resultados, llegar a conclusiones y recomendaciones.

Métodos empíricos:

- Experimentación, para realizar la simulación y comprobación de los módulos que se describen en la investigación.
- Medición, para la evaluación los niveles de temperatura y ph del agua durante la implementación práctica de la investigación.
- Observación, para la validación del sistema diseñado.

Métodos Estadísticos:

- Permiten procesar e interpretar los resultados obtenidos con el prototipo desarrollado y contrastarlos con los parámetros de diseño originales.

Para cumplir con el objetivo trazado se llevarán a cabo las siguientes tareas de Investigación:

- Estudio y selección de las formas de transmisión de información y de los distintos dispositivos electrónicos a emplear.
- Revisión bibliográfica sobre la medición de datos de contaminación del agua y estado del ecosistema.
- Revisión bibliográfica de los ecosistemas de lagos y lagunas.
- Diseño e implementación del *hardware* y *software*.
- Pruebas y puesta a punto del algoritmo y circuitos de adquisición de datos.
- Valoración de resultados y análisis de errores.

Resultados esperados: Disponer de un prototipo de sistema de red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas; que sea modular, parametrizable y de bajo costo, que se base en la plataforma *hardware* libre Arduino, sensores inteligentes, con comunicación RF, con el propósito de ministrar información acerca del ecosistema y contaminación del agua de lagos o lagunas.

La presente investigación consta de un Resumen e Introducción, cuatro capítulos, conclusiones y recomendaciones. El **primer capítulo**, se revisa la problemática y se definen objetivos generales y específicos de esta investigación. El **segundo capítulo** define el marco teórico enfocado al tema de estudio, como el ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas, redes de sensores inalámbricos, tecnologías. El **tercer capítulo** contempla la metodología de la investigación, el *Hardware* y *Software* del sistema, donde se define la arquitectura, sensores, módulos de comunicación, las características del nodo robotizado, en el **Capítulo cuatro** se integra los sistemas, y se evalúa la adquisición de datos, la comunicación, así como el costo del sistema desarrollado; finalmente en las **Conclusiones**, se resumen los resultados fundamentales alcanzados en la investigación y se resaltan aspectos importantes. Y en las **Recomendaciones** se plantea algunos objetivos que se pudieran tener en cuenta para el desarrollo de investigaciones posteriores y trabajos futuros.

CAPITULO I

1 Planteamiento del problema

En este contempla la situación de la problemática y los objetivos generales y específicos como requisitos necesarios para el desarrollo de la presente investigación.

1.1. Situación problemática

Si bien las tres cuartas partes del planeta tierra son agua, sólo el 3% de la misma es agua dulce, convirtiéndose ésta en un tema de prioridad mundial para la conservación de ecosistemas y la sobrevivencia del planeta en cortos y medianos plazos. (Abengoa, 2017)

Varias actividades humanas sin desmedida han provocado la contaminación y reducción de las fuentes de agua dulce, y en consecuencia, la pérdida de la biodiversidad que habita en ríos, lagos, lagunas y humedales. La organización “Fondo Mundial para la Naturaleza” (WWF, por sus siglas en inglés), señala que las especies de agua dulce se redujeron en un 35 por ciento entre 1970 y 2010. Además, con el rápido crecimiento de la población, las extracciones de agua se han triplicado en los últimos 50 años. (Joel Santamaría, 2017)

Durante muchos años el tema del agua se ha limitado casi exclusivamente al manejo de embalses, construcción de canales de riego, drenajes, obras de captación, sistemas de agua potable, y alcantarillado. Es decir, se han centrado en la provisión de agua para las diferentes actividades, concentradas en la cantidad de agua que se puede entregar a una determinada población o para una determinada actividad. Sin embargo, Ecuador al igual que la mayoría de países tiene una deuda muy alta en cuanto a los esfuerzos que se realizan para mejorar la calidad del agua y retribuir a la naturaleza por los servicios que nos brinda, especialmente, del agua que se vierte producto de actividades industriales, domésticas y agropecuarias.

Los estudios sobre la pérdida de los ecosistemas de lagos y lagunas debido a la contaminación del agua en el Ecuador son muy escasos ya que el Ministerio del Ambiente ha creado proyectos para la protección de los recursos hídricos, los mismos que se han centrado en cómo utilizarlos de una manera adecuada y por ende sólo se ha tomado en cuenta a los caudales más extensos como los ríos, dejando a un lado los lagos y lagunas. Además los sistemas existentes comerciales son manuales, es decir se necesita tomar una muestra de agua y llevarla al laboratorio para su análisis.

La presente investigación según la planificación estratégica del Plan Nacional del buen Vivir del Ecuador para el año 2013-2017 descrito por la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, plantea en el objetivo 7: *“Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global. Específicamente en el literal k) Fortalecer los mecanismos y las capacidades institucionales nacionales y locales para prevenir y controlar la contaminación de aire, suelo y agua, así como para garantizar la reparación integral de los daños y pasivos socio ambientales que se generen.”* (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013)

Bajo este contexto se busca desarrollar la investigación que trata sobre la implementación de una red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo implementar una red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas?

1.3. Preguntas directrices o específicas de la investigación.

¿Cuáles son los parámetros que afectan a los ecosistemas y contaminan el agua de lagos y lagunas?

¿Cuál tecnología es la más adecuada para la implementación de la red de sensores inalámbricos?

¿Se puede obtener información sobre los niveles de contaminación del ecosistema que están presentes en los lagos?

¿Es posible la creación de un sistema de supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas?

1.4. Justificación

En el Ecuador son escasas las investigaciones sobre el estado de los ecosistemas y la contaminación del agua de lagos y lagunas por lo que la presente investigación busca generar una

base de datos con información relevante, la cual servirá a los organismos encargados del cuidado de los mismos como fuente para la toma de decisiones.

En la actualidad la tecnología se ha convertido en un instrumento primordial para la solución de problemas es por ello que mediante su utilización podemos llegar a cualquier lugar y obtener información. La red de sensores inalámbricos con un nodo prototipo robotizado para movilización permitirán la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua de lagos y lagunas ya que en estos lugares es muy difícil el tendido de cables o líneas de transmisión, facilitando de esta manera el acceso a la toma de datos relevantes del medio.

La red inalámbrica permitirá la supervisión en línea del ecosistema y la contaminación del agua de lagos y lagunas, la cual tendrá la capacidad de obtener datos, los mismos que serán analizados y almacenados. Conforme al objetivo número 7, política 7.1 del Plan Nacional del Buen Vivir indica “Asegurar la promoción, la vigencia y la plena exigibilidad de los derechos de la naturaleza” (SENPLADES, 2013 - 2017). El cuidado de nuestra naturaleza es prioridad del estado y de todos los que deseamos un planeta mejor, por lo cual se busca contribuir a la protección de la misma. La transferencia tecnológica es una herramienta fundamental para lograr este cometido, proponiendo soluciones orientadas a problemas reales del país. Con la aplicación de este sistema, se apunta directamente a contribuir en este objetivo, proponiendo una solución de tecnología aplicada a un problema existente.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Aplicar una red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas utilizando tarjetas de desarrollo.

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar las características del ecosistema y contaminantes del agua presentes en lagos y lagunas y los efectos que causa en el medioambiente.
- Investigar y seleccionar los sensores, tecnologías de comunicación inalámbrica y tarjetas de desarrollo que se ajusten a los requerimientos del sistema de supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas.

- Diseñar el sistema de supervisión basado en módulos inalámbricos con nodos robotizados que realizan acciones específicas de recolección, aviso y registro de información.
- Implementar los diferentes módulos que constituirán el sistema de supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas.
- Realizar la validación de las comunicaciones del sistema implementado.

1.6. Hipótesis

1.6.1 *Hipótesis general*

La implementación de una red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados optimiza y mejora la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas.

1.6.2 *Hipótesis específicas*

- La implementación de la red con un nodo robotizado permite la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua en distintas zonas de recolección de datos.
- El acople de distintas tecnologías utilizadas genera eficiencia en la comunicación de datos.
- El sistema implementado supervisa (captura y transmite) en línea el ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas, para ser almacenados en una base de datos.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se analizan las características de las redes de comunicación de sensores sin cable, junto a tarjetas de desarrollo que trabajando en conjunto son capaces de controlar la transmisión y recepción de datos. Se habla acerca de contaminación presente en lagos y lagunas y cómo afecta al ecosistema.

2.1. Antecedentes

Los lagos y lagunas son los ecosistemas más vulnerables al impacto humano. El incremento de viviendas, actividades recreativas, químicos, aguas residuales, modifican con el tiempo toda la estructura del sistema convirtiéndolos en potenciales focos de contaminación. (Noboa, 2015)

A nivel mundial y por consiguiente a nivel local, se necesita de forma urgente tomar medidas para la conservación futura de los recursos hídricos, los mismos que se vuelven cada vez más escasos. Esta situación se ve muy complicada con los procesos de contaminación, por la falta de políticas que ayuden a su conservación. Un informe de la conferencia de UNESCO sobre la crisis del agua y la pérdida de ecosistemas que se vive, prueba el conflicto que recae sobre la humanidad por la disminución gradual y sostenida de los recursos hídricos para consumo y producción. El Instituto Internacional de Recursos Hídricos pronostica que para alimentar al planeta dentro de 20-30 años el sector agrícola requerirá por lo menos un 17% más de agua de lo que dispone actualmente y que no sabemos de dónde provendrá esta agua. (Noboa, 2015)

Todo esto hace que se requiera un compromiso político y social necesario para enfrentar los problemas del agua, y que consiste en un incremento drástico de la conciencia general y un consenso sobre la mejor forma de obtener resultados. Por lo tanto resulta esencial tener en cuenta lo que dice Peter Gleick en su libro sobre el agua: *"Pueden describirse muchos y diversos sueños y visiones. Sin una visión positiva, sin una idea sobre el verdadero significado del uso sustentable del agua, la sociedad se arriesga a continuar en un camino que nos conducirá cada vez más en la dirección equivocada. Podemos elegir un camino diferente y tratar de definir y alcanzar un futuro diferente. Pero debemos elegir sin demora"*.

La Secretaría Nacional del Agua SENAGUA cooperara y coordina con el Ministerio del Ambiente del Ecuador MAE para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico. (CRE, Art. 412) Los cuales se encuentran desarrollando algunos proyectos en provincias como Chimborazo en la laguna de Colta y en la laguna de Yaguarcocha en Imbabura. Los proyectos consisten en monitorear la calidad del agua para proteger el ecosistema de las mismas, el sistema de monitoreo es de campo con la toma de muestras y su debido análisis en el laboratorio.

2.2. Contaminación de Lagos y Lagunas

Los ríos, lagos y mares han sido siempre los recolectores de basura producida por la actividad humana. Si bien el ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación, esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamamos los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, entre otros, se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida. (Tecnun, 2017) El agua constituye una parte esencial de todo ecosistema, tanto en términos cualitativos como cuantitativos, una reducción de la misma ya sea en cantidad, en la calidad, o en ambas, provoca efectos negativos graves sobre los ecosistemas. El drenaje de humedales para la agricultura (de los que se perdió el 50% durante el siglo veinte) y la disminución de la evapotranspiración (por desmonte de tierras) causan otras perturbaciones en los sistemas naturales con graves repercusiones sobre la futura disponibilidad de agua. (UNESCO, 2003) En la tabla 2-1 se puede observar cómo la actividad humana causa un efecto potencial y pone en peligro a los ecosistemas de lagos y lagunas, y al planeta.

Tabla 1-2 Ataques que sufren los ecosistemas de agua dulce

Actividad humana	Efecto potencial	Función en peligro
Crecimiento demográfico y del consumo	Aumenta la extracción de agua y la adquisición de tierras cultivadas mediante el drenaje de humedales; aumenta la necesidad de todas las demás actividades, con los riesgos consiguientes	Prácticamente, todas las funciones del ecosistema, incluyendo funciones de hábitat, producción y regulación
Desarrollo de infraestructura (presas, canales, diques, desvíos, etc.)	La pérdida de integridad altera el ritmo y la cantidad de las corrientes fluviales, la temperatura del agua y el transporte de nutrientes y sedimentos, y como resultado el relleno bloquea las migraciones de peces.	Cantidad y calidad del agua, hábitats, fertilidad de la llanura de inundación, pesquerías, economías del delta

Conversión de tierras	Elimina componentes clave del entorno acuático; pérdida de funciones; integridad; hábitat y biodiversidad; altera pautas de escurrimiento; inhibe la recarga natural, rellena de limo los cuerpos de agua.	Control natural de inundaciones, hábitats para pesquerías y aves acuáticas, recreo, suministro de agua, cantidad y calidad del agua
Exceso de cosecha y explotación	Reduce recursos vivos, las funciones del ecosistema y la biodiversidad (agotamiento de aguas subterráneas, colapso de pesquerías)	Producción de alimentos, suministro de agua, calidad y cantidad de agua
Introducción de especies exóticas	Competencia de especies introducidas; altera producción y ciclo de nutrientes; y causa pérdida de biodiversidad entre especies nativas	Producción de alimentos, hábitat de fauna y flora, actividades de recreo
Descarga de contaminantes en tierra, aire o agua	La contaminación de cuerpos de agua altera la química y ecología de ríos, lagos y humedales; las emisiones de gas invernadero producen notables cambios en los patrones de escurrimiento y precipitación	Suministro de agua, hábitat, calidad del agua; producción de alimentos; cambio climático puede también repercutir en la energía hidráulica, capacidad de dilución, transporte, control de inundaciones

Realizado por: Mendoza María, 2017

Fuente: IUCN, 2000

La falta de concientización por el cuidado y conservación de los ecosistemas de lagos y lagunas, el desmedido crecimiento poblacional y el poco valor que le damos a los mismos han ocasionado problemas graves al medio ambiente como la pérdida de especies y fuentes de agua dulce.

Entidades como el Ministerio del Ambiente y la Secretaría Nacional de Agua, han sido creadas con el objetivo de crear y dar seguimiento a las normas y proyectos de calidad ambiental del agua, aire, suelo y desechos que produzcan contaminación. La Constitución de la República del Ecuador señala, “... *Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.*”

Además, existen normas, leyes y reglamentos que plantean un control de la contaminación de lagos y lagunas en el Ecuador, como se presenta en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, según lo establecido en el Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente; el criterio de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces de pH es de 6,5 hasta 9. (Ministerio del Ambiente, 2015)

2.3. Características de los lagos y lagunas

Los lagos y lagunas son hundimientos en la superficie terrestre que contienen agua estancada o drenada por ríos. Su profundidad puede variar entre 1 a 2000 m y su tamaño puede oscilar desde menos de una hectárea hasta los miles de km². Los lagos y lagunas tienen fronteras bien definidas y poseen ciertas características comunes como son: la luminosidad o cantidad de luz que penetra en el agua que se limita únicamente a las capas superficiales, la temperatura que cambia estacionalmente y con la profundidad, la disponibilidad de oxígeno que se ve limitada por el contacto del agua con el aire, el cambio de salinidad que puede impedir el desarrollo y crecimiento de organismos Estenohalinos. Además está formado por descomponedores, productores, consumidores primarios y secundarios componentes principales del ecosistema, se los muestra en la figura 1-2. (Tecnun, 2017)

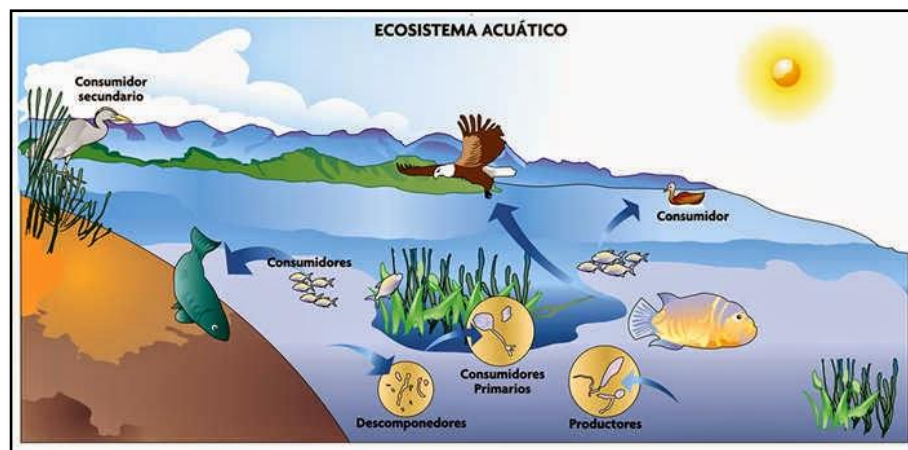


Figura 1-2 Componentes del ecosistema de lagos y lagunas
Fuente: (Tecnun, 2017)

Es muy importante mantener el estado natural de los lagos y lagunas, para medir el estado de salud de estos ecosistemas se utilizan indicadores de la calidad del agua (físico-químicos y biológicos), datos hidrológicos y evaluación biológica, incluyendo el grado de biodiversidad. Obtener los datos necesarios no es fácil, debido al acceso en la toma de información por lo que estos ecosistemas acuáticos presentan graves problemas. (UNESCO, 2003)

2.3.1 *Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua de lagos y lagunas*

2.3.1.1 *Parámetros físicos*

Definen las características del agua y responden a los sentidos de la vista, tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura. (APHA-AWWA-WEF, 2005)

De estos la Temperatura es uno de los parámetros físicos más importantes ya que influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, absorción de oxígeno, precipitación de compuestos, formación de depósitos, desinfección y procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. La temperatura de agua en lagos y lagunas debe ser ± 3 las condiciones naturales del medio. (APHA-AWWA-WEF, 2005)

La Turbiedad del agua permite medir la cantidad de partículas en suspensión. Si esta es muy alta impide que la luz solar se difunda y absorba el calor lo cual puede causar un aumento en la temperatura y una reducción de la luz para la fotosíntesis de las algas. La turbidez debida a sedimentos en suspensión puede indicar una erosión natural o artificial. Los sedimentos en suspensión pueden obstruir las branquias de los peces, y cuando se precipita puede dañar los lechos de grava y enterrar los huevos de los peces e insectos bénticos. El sedimento puede transportar contaminantes, patógenos y nutrientes. (Bisang , Groel, & Pucheu , 2017)

2.3.1.2 *Parámetros químicos*

El agua también conocida como el solvente universal debido a sus parámetros químicos y que están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que podemos mencionar a los sólidos disueltos totales, alcalinidad, conductividad, potencial de hidrógeno, dureza, fluoruros, metales, materias orgánicas y nutrientes. (APHA-AWWA-WEF, 2005)

De entre estos la Conductividad desarrolla un papel importante pues la presión osmótica que soportan los tejidos de los seres acuáticos depende de la cantidad y tipo de sustancias disueltas. La Conductividad permite determinar niveles relativos o degradación de la calidad del agua debido a la acumulación de metabolitos. (Bisang , Groel, & Pucheu , 2017)

Otro parámetro primordial es el Potencial de Hidrógeno (pH) que influye en la preservación de la vida acuática y silvestre por la corrosión que causa a los metales. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. (APHA-AWWA-WEF, 2005)

2.3.1.3 *Parámetros biológicos*

El agua es un medio donde miles de especies biológicas habitan y llevan a cabo su ciclo vital. Contiene organismos acuáticos muy pequeños o unicelulares hasta grandes peces, estos son parámetros de la calidad del agua, dado que su presencia o ausencia pueden indicar la situación en que se encuentra un cuerpo de agua. Un cuerpo de agua con una gran cantidad de especies en

proporción balanceada se puede considerar como un sistema saludable. Según esta situación, ciertos organismos se pueden utilizar como indicadores de la presencia de algún contaminante, entre los que se puede mencionar las bacterias, virus y protozoarios. (APHA-AWWA-WEF, 2005)

2.4. Equipos de medición de parámetros del agua

En la actualidad, el laboratorio de monitoreo de la calidad del agua de la Secretaría Nacional de Agua (SENAGUA), cuenta con los siguientes equipos en sus instalaciones:

TDS&EC (hold)

En la figura 2-2 se muestra el TDS&EC que es un medidor de nivel profesional. Ideal para las pruebas de calidad de agua; puede medir la temperatura del agua en grados Centígrados y grados Fahrenheit. Utilizado en pruebas de laboratorio y científicas, pruebas de ecología y tratamiento del agua. (METRICS-Digital Meters, 2015)

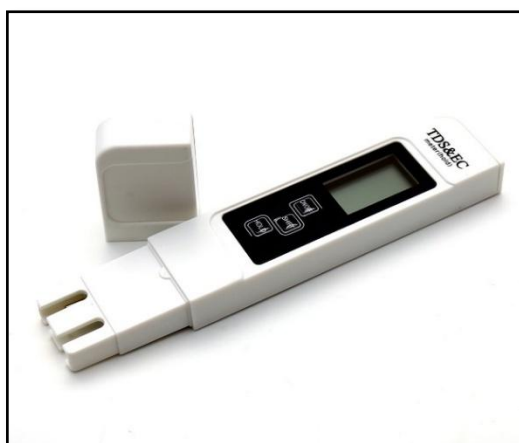


Figura 2-2 Medidor digital de temperatura TDS&EC
Fuente: (METRICS-Digital Meters, 2015)

SevenMulti™

Se puede observar en la figura 3-2 el instrumento multicanal que permite medir simultáneamente 1, 2 o 3 parámetros, ya sea en la misma muestra o en varias distintas, las pruebas generales de medición de calidad del agua son simples y rápidas. Posee un medidor sonda, agitador magnético integrado, porta electrodo, estándares, matrices de calibración de modo. Las sondas diseñadas para este sistema le permiten realizar mediciones en cada entorno de prueba. (Mettler-Toledo Intl. Inc., 2017)



Figura 3-2 SevenMulti™ medidor de pH

Fuente: (Mettler-Toledo Intl. Inc., 2017)

2.5. Trabajos en la localidad

En el Parque Nacional El Cajas de la provincia del Azuay se aplica un proyecto con un sistema de monitoreo de la integridad ecológica de ríos y lagos encaminado al entendimiento de la limnología de los lagos altoandinos; cuyo sistema lacustre es uno de los más densos de los Andes Ecuatorianos. El sistema utilizado cuenta con estaciones fijas de monitoreo distribuidas en zonas, las mismas poseen equipos especializados de trabajo para el análisis y transporte de muestras tomadas en insitu a la estación, se utilizan equipos como espectrofotómetro, kit para DBO, muestreadores, multiparámetro, pHmetro de campo, clorímetro, agitador programable TEST de Jarras, conductímetro, termoreactor digital, turbidímetro, entre otros. El problema de este sistema es que se lo realiza bajo un cronograma de toma de muestras en laboratorio, la movilización de todo el equipo de trabajo genera costos muy elevados. (ETAPA EP, 2017)

En los trabajos que se han realizado se menciona una propuesta de la Universidad del Azuay sobre el monitoreo de parámetros hidrológicos aplicado en lagunas, estanques y plantas de tratamiento de agua, en la que se realizan las mediciones de ph, temperatura, conductividad, turbiedad con diferentes sensores a través de una red inalámbrica para determinar la calidad del agua. (Galindo & Sánchez, 2015)

En la ciudad de Riobamba no existe investigaciones relacionadas a esta problemática, cuyo objetivo es aplicar las redes inalámbricas con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas, y mediante estas herramientas generar información necesaria para que los organismos superiores tomen decisiones importantes para la conservación de los ecosistemas.

2.6. Red inalámbrica de sensores (WSN)

Las WSN (*Wireless Sensor Networks*, por sus siglas en inglés), está formada por tres elementos esenciales: Nodos, Gateway y Estaciones Base. Los nodos distribuidos en forma espacial se comunican con los sensores para supervisar su entorno o equipos; los datos obtenidos se transmiten de manera inalámbrica a un Gateway, el mismo que se conecta y opera independientemente a una estación base donde se puede reunir, procesar, analizar y presentar los datos por medio de software, como por ejemplo audio, temperatura y humedad ambiente, parámetros de vuelo como altura, latitud y longitud, contaminantes del agua, entre otros. La importancia de estas redes se basa en que si un nodo deja de operar correctamente, no se interrumpe su operación debido a las topologías en las que se pueden acoplar y su inteligencia de operación. (National Instruments Corporation, 2017)

2.7. Componentes de una red de Sensores WSN

Los recursos de una red inalámbrica de sensores WSN se observa en la figura 4-2, en ella se aprecia el nodo sensor, el gateway y la estación base.

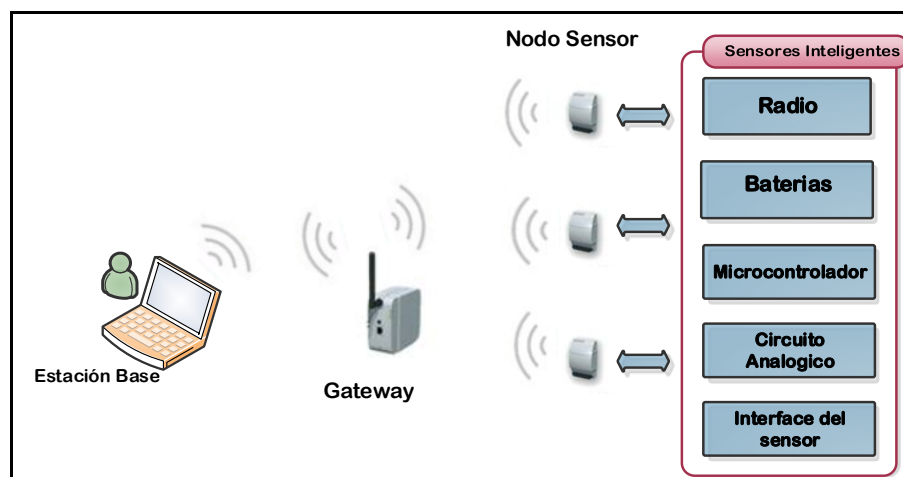


Figura 4-2 Componentes de una red inalámbrica de sensores WSN
Realizado por: Mendoza María, 2017

2.7.1 Nodos Sensores

Un nodo sensor de la red inalámbrica (WSN), se compone de un elemento computacional con capacidad de procesamiento, memoria, interfaz de comunicación y puede formar conjuntos de sensores. El Hardware básico de un nodo sensor se compone de un transceptor (transmisor/receptor), procesador, uno o más sensores, memoria y batería. Los componentes brindan la opción de comunicación (enviar y recibir información), ejecutar tareas que requieren

procesamiento más allá de efectuar funciones de censado. (National Instruments Corporation, 2017) La figura 5-2 muestra los elementos que forman el nodo sensor.

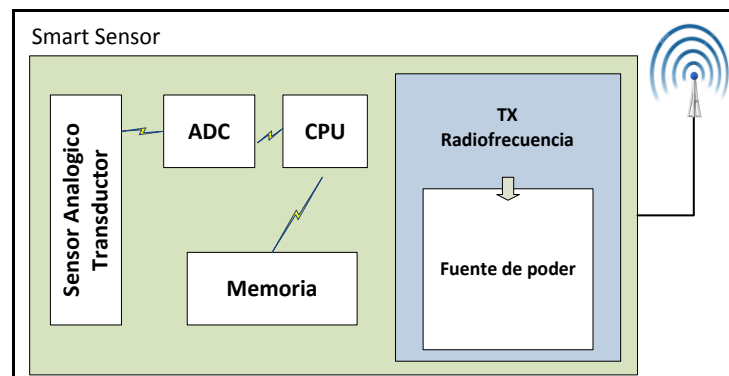


Figura 5-2 Arquitectura del nodo sensor
Realizado por: Mendoza María, 2017

Los nodos sensores también conocidos como motas, del inglés ‘*mote*’, por su ligereza y pequeño tamaño son dispositivos electrónicos capaces de captar información proveniente del entorno en el que se encuentran, pudiendo ser fijos o móviles, en el mercado actual existen placas de sensores cubriendo una amplia gama de parámetros como la supervisión ambiental de aire, agua y suelo, sistemas de supervisión estructural para edificaciones y supervisión de maquinaria industrial. Algunos ejemplos de sensores se observan en la figura 6-2. (Aakvaag & Frey, 2006)

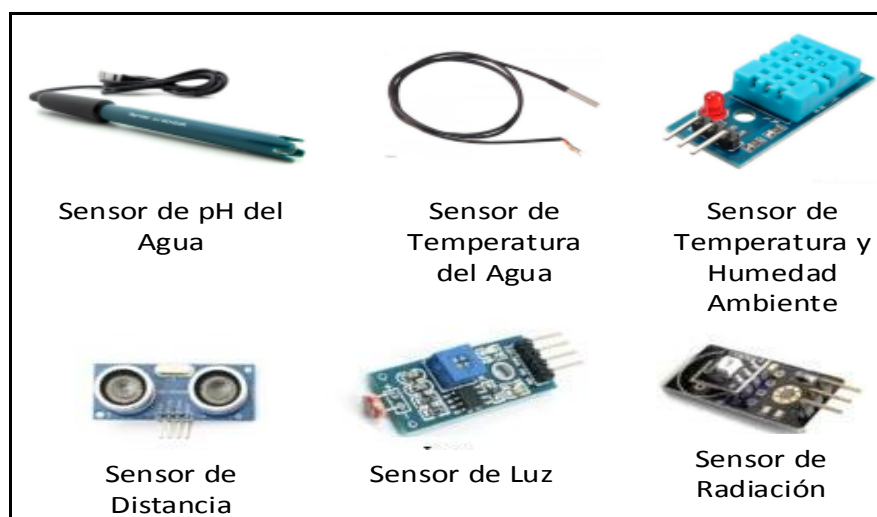


Figura 6-2 Ejemplos de sensores
Realizado por: Mendoza María, 2017

2.7.2 Puertas de enlace

Es un dispositivo encargado de la interconexión de estándares y protocolos de comunicación diferentes, traduce la información de un tipo de red inicial a otro de destino. (Escobar, 2010)

2.7.3 *Estaciones base*

Dispositivo encargado del almacenamiento, análisis y procesamiento de la información capturada por los nodos y traducida por el gateway. (Escobar, 2010)

2.8. Topologías de Red WSN

La topología de red WSN es la configuración de los componentes *hardware* y cómo los datos son transmitidos a través de esa configuración. Cada topología es apropiada bajo ciertas circunstancias y puede ser inapropiada en otras.

2.8.1 *Topología punto a punto*

Esta topología cuenta con sólo dos radios, o nodos. El uno funciona como coordinador y el otro es configurado como un router o un dispositivo final. (O'REILLY, 2010) En la figura 7-2 se puede observar la topología punto a punto.



Figura 7-2 Topología Punto a Punto
Realizado por: Mendoza María, 2017

2.8.2 *Topología en estrella*

En la figura 8-2 se muestra la topología en estrella en la misma un coordinador de radio es el centro de la topología, a este se conecta los dispositivos finales. Con esta topología se hace un menor gasto de energía, pero está limitada por la distancia de transmisión vía radio entre cada nodo y la puerta de enlace. Tampoco tiene un camino de comunicación alternativo en caso de que uno de los nodos tenga obstruido el camino de comunicación, lo que lleva a que en este caso la información de ese nodo sea perdida. (Ordieres, Martínez de Pisón Ascacibar, & Pernía Espinoza, 2009)

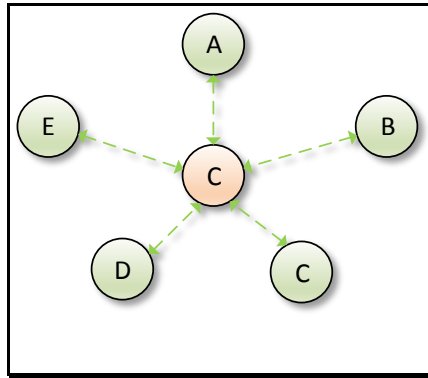


Figura 8-2 Topología en Estrella
Realizado por: Mendoza María, 2017

2.8.3 *Topología en malla*

Emplea nodos router y nodos coordinadores. El coordinador gestiona la red y enruta los mensajes. Los dispositivos finales se comunican con el coordinador y el router recibiendo y generando información. Básicamente todos los nodos son routers y son idénticos, permitiendo la comunicación entre sí. Entonces si un nodo falla la red se autoconfigura para buscar otra ruta. El problema con esta topología son los elevados tiempos de espera cuando la malla es extensa. (Ordieres, Martínez de Pisón Ascacibar, & Pernía Espinoza, 2009) La figura 9-2 muestra la interconexión con topología en malla.

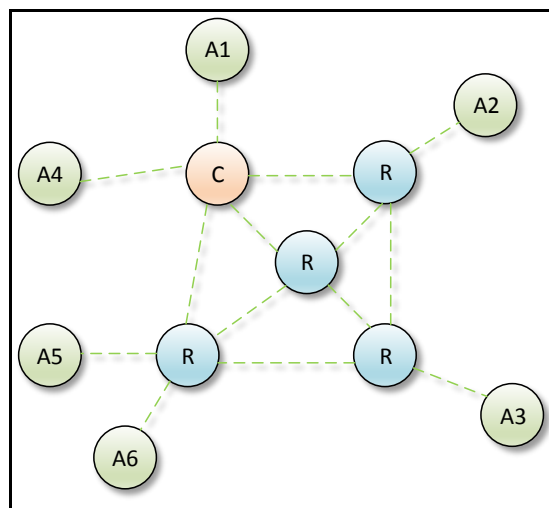


Figura 9-2 Topología en Malla
Realizado por: Mendoza María, 2017

2.8.4 *Topología Híbrida Estrella-Malla*

Combina la simplicidad y el bajo consumo de una topología en estrella con la posibilidad de cubrir una gran extensión y de reorganizarse ante fallos de la topología en malla. La topología crea una

red en estrella alrededor de enrutadores pertenecientes. Los mismos dan la posibilidad de ampliar la red y de corregir fallos en estos nodos. (Ordieres, Martínez de Pisón Ascacibar, & Pernía Espinoza, 2009) En la figura 10-2 podemos observar la topología híbrida.

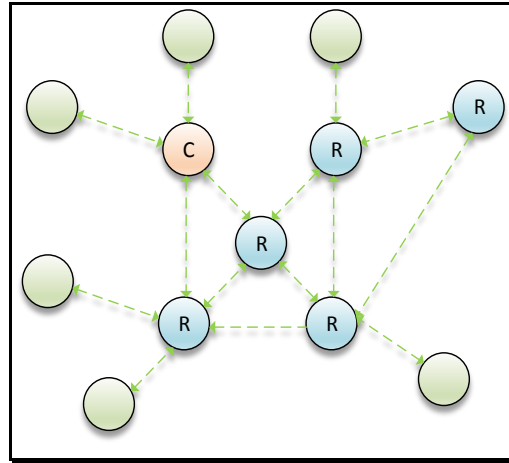


Figura 10-2 Topología Híbrida
Realizado por: Mendoza María, 2017

2.9. Tecnologías inalámbricas

En la figura 11-2 se muestra las tecnologías inalámbricas, las mismas se pueden clasificar de acuerdo con la distancia que viaja cada tipo de señal.

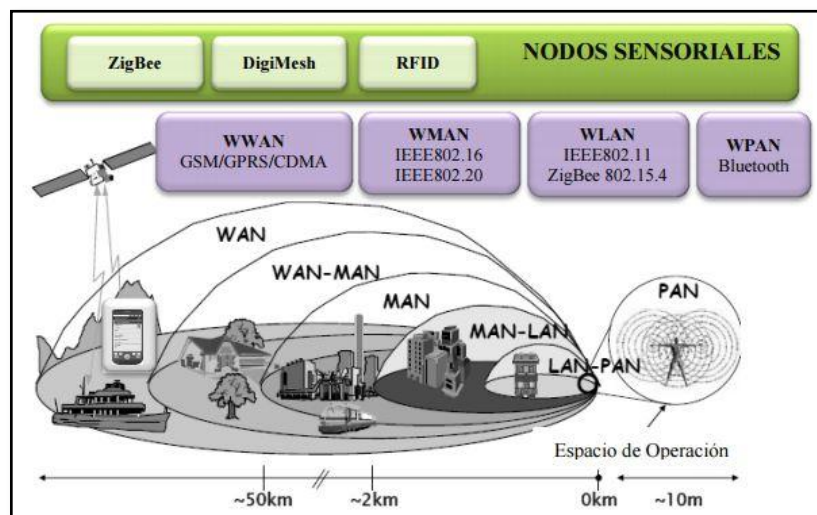


Figura 11-2 Tecnologías Inalámbricas
Fuente: (Pico Valencia, 2016)

2.9.1 *GPS*

El sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés), formado por 24 satélites manejados por las fuerzas armadas de Estados Unidos, las cuales envían constantemente señales a dispositivos en tierra. Estas señales sólo viajan del satélite al aparato receptor. (Gobierno de los Estados Unidos, 2017)

2.9.2 *GSM*

Es una tecnología de telefonía celular de cobertura amplia, soporta llamadas de voz y velocidades de transferencia de datos de hasta 9,6 kbps, junto con la transmisión de SMS (*Short Message Service*, por sus siglas en inglés). Opera en las bandas de 900MHz y 1.8GHz. (GSMA, 2017)

2.9.3 *ZigBee*

Es un estándar IEEE 802.15.4 definido para reglamentar el desarrollo de las redes inalámbricas personales. Trabaja en bandas de frecuencias de 868 MHz, 915 MHz y 2,4 GHz. Su diseño exclusivo se aplica a redes de sensores inalámbricas que requieran bajas tasas de envío de datos, con bajo consumo energético. (Galindo & Sánchez, 2015)

2.9.4 *Wi-Fi*

Esta tecnología está definida por el estándar IEEE 802.11. Establece los niveles inferiores del modelo OSI para las conexiones inalámbricas, utiliza ondas electromagnéticas. Proporciona compatibilidad con dispositivos que utilizan el mismo estándar, posee una cobertura geográfica limitada, presenta facilidad de instalación y movilidad. Dentro de la familia de especificaciones del estándar se destacan: IEEE 802.11a, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b, entre otras. La especificación final se denominó Wi-Fi que trabaja en bandas de 2,4 GHz. (Pico Valencia, 2016)

- COMPARATIVA ENTRE TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN

Uno de los puntos más importantes en el uso del hardware adecuado en el proceso de comunicación para realizar una correcta transmisión y recepción de los mensajes, es el software utilizado que se basa en estándares que definen el trabajo de las capas durante el proceso, en la siguiente tabla se listará las tecnologías más importantes y sus características:

Tabla 2-2 Características de ZigBee, Bluetooth, Wifi

Características	ZigBee	Bluetooth	Wifi
Frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Rango de cobertura	30 m – 1.6 Km	30 – 300 ft	100 – 150 ft
Tasa de transferencia de datos	250 kbps	1 Mbps	11 – 54 Mbps
Consumo de energía	Bajo	Medio	Alto
Costo	Bajo	Bajo	Alto
Modulación/Protocolo	DSSS, CSMA/CA	FHSS	DSSS/CCK, OFDM
Nodos por red	2 – 65000	8	30
Aplicaciones	Monitoreo y control	Transferencia de archivos	Web, video, e-mail

Realizado por: Mendoza María, 2017

Fuente: (Galindo & Sánchez, 2015)

La tabla 2-2 muestra las diferentes características de cada tecnología, de entre estas para trabajar con sensores ZigBee es la más indicada, sin embargo para la captura de video-imágenes es necesaria la utilización de otra tecnología, Wifi es la mejor alternativa para esta demanda.

2.10. Tarjetas de desarrollo aplicadas a la WSN

Las tarjetas de desarrollo son circuitos impresos en placas de tamaño compacto, fabricadas para diferentes aplicaciones y usos. Cuentan con compatibilidad para distintos tipos de dispositivos, como son sensores, shield o módulos inalámbricos con tecnologías específicas, tarjetas de memoria micro SD, entre otros. Posee entradas/salidas analógicas y digitales, puertos de conexiones, seriales, conectores USB, plug para alimentación externa, reguladores de voltaje, indicadores de transmisión y recepción, memoria, entre otras características propias de cada fabricante. El sistema operativo instalado suele ser (Windows o Linux).

Se puede conseguir en el mercado varias ofertas de tarjetas de desarrollo, diseñadas para ser utilizadas en el desarrollo de aplicaciones electrónicas. A continuación se presenta las características de las tarjetas más utilizadas a nivel de proyectos:

2.10.1 Arduino

Arduino es una plataforma electrónica open-source basada en hardware y software, flexibles y fáciles de usar. El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AR, se programa usando Arduino Programming Language y Arduino Development Environment. Puede

conectarse con el entorno mediante sus terminales de entrada, utilizando sensores compatibles con Arduino. La empresa ha comercializado varios diseños de Arduino, en la figura 12-2 se puede observar algunos ejemplos de las diferentes tarjetas de desarrollo. (Arduino, 2017)

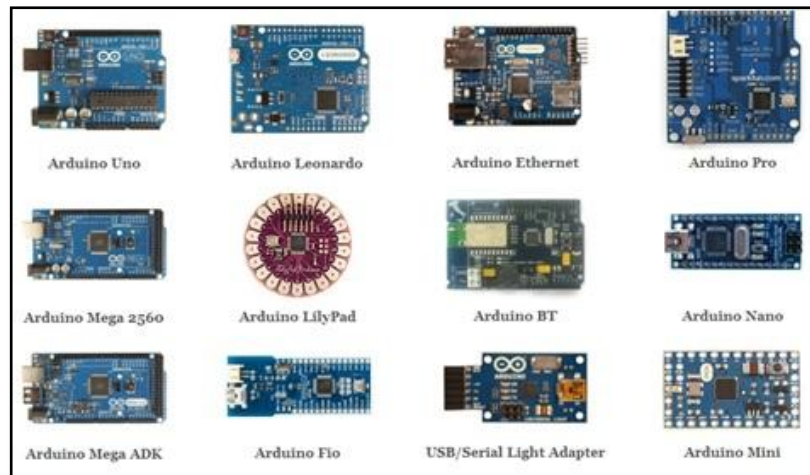


Figura 12-2 Gama de tarjetas Arduino.

Fuente: (Arduino, 2017)

2.10.2 *Intel Galileo*

Intel Galileo es una fusión entre la tecnología Intel, el entorno de desarrollo de software Arduino y las bibliotecas. Cuenta con un sistema operativo de código abierto, puede ser programada a través de OS X, Microsoft Windows y Linux. La placa está diseñada para ser hardware y software compatible con el ecosistema del escudo Arduino. A pesar de las prestaciones en cuestión de compatibilidad con entornos Windows y Linux, el problema es su costo elevado. (Intel® Quark™ Processors, 2017) En la figura 13-2 se puede observar la tarjeta de desarrollo.

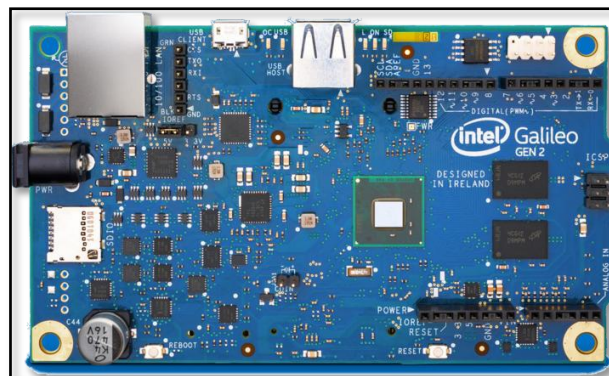


Figura 13-2 Tarjeta Intel Galileo

Fuente: (Intel® Quark™ Processors, 2017)

2.10.3 *Raspberry Pi*

La figura 14-2 muestra la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi que es un computador de placa simple y de bajo costo diseñada por la Fundación Raspberry Pi, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas. Es un producto con propiedad registrada pero de uso libre. Su sistema operativo es una versión adaptada de Debian, denominada Raspbian, aunque permite usar otros sistemas operativos. En todas sus versiones incluye un procesador Broadcom, una memoria RAM, una GPU, puertos USB, HDMI, Ethernet, 40 pines GPIO y un conector para cámara. (Raspberry Pi Foundation, 2017)

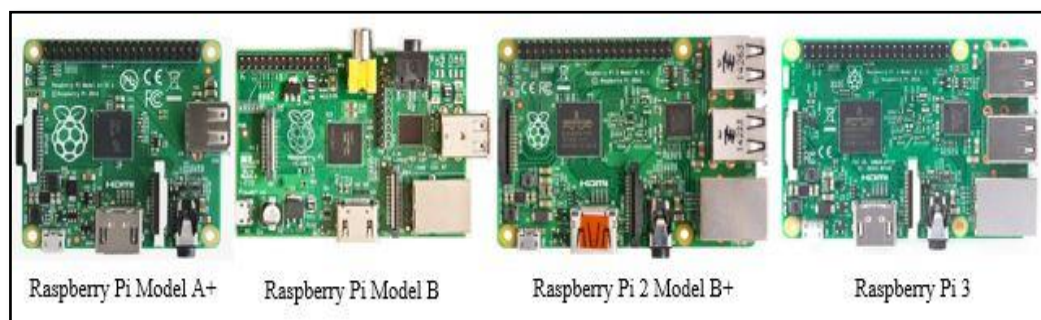


Figura 14-2 Gama de tarjetas Raspberry Pi

Fuente: (Raspberry Pi Foundation, 2017)

2.10.4 *Libelium-Waspmote*

La arquitectura de *hardware Waspmote* ha sido especialmente diseñada para funcionar con un consumo extremadamente bajo de energía. Los interruptores digitales permiten activar y desactivar cualquiera de las interfaces del sensor, así como los módulos de radio. Cuenta con tres modos diferentes de *sleep* (pasivo o durmiente), utiliza un mínimo de energía para su funcionamiento aproximadamente 7 μ A. Está integrada por módulos Zigbee, GSM – 3G/GPRS, GPS, placas sensoriales, y tarjetas de memoria SD; presenta compatibilidad con dispositivos de Arduino. Sin embargo su principal desventaja es su alto costo lo que provoca baja aceptación y disminución en su demanda. (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L, 2017) En la figura 15-2 se puede observar la tarjeta.

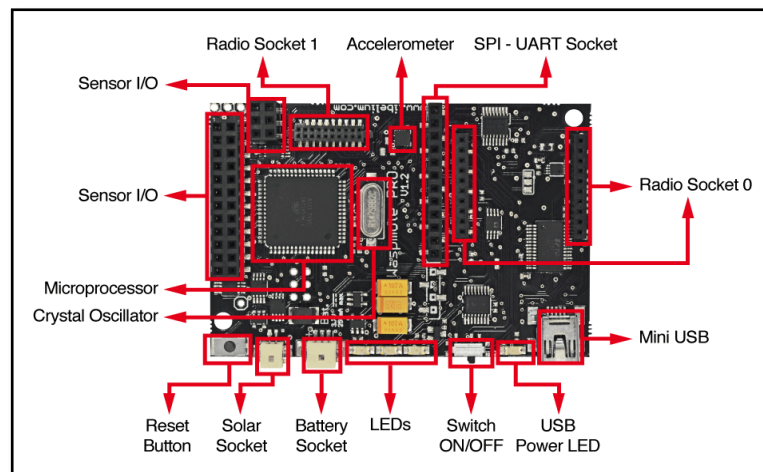


Figura 15-2 Libelium-Wasp mote
Fuente: (Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L, 2017)

- COMPARATIVA ENTRE TARJETAS DE DESARROLLO

Es importante resumir las características principales de cada tarjeta de desarrollo mencionada mediante una tabla comparativa, la misma nos permitirá elegir la que mejor se ajuste a nuestras necesidades.

Tabla 3-2 Comparativa entre tarjetas de desarrollo

Características	Arduino Uno	Intel Galileo Gen1	Raspberry Pi (Modelo B)	Wasp mote
Precio	\$ 30	\$ 90	\$ 50	\$ 180
Tamaño	7.6 x 1.9 x 6.4 cm	15 x 15 mm	8.6 x 5.4 x 1.7 cm	73.5 x 51 x 13 mm
Memoria	2 KB	512 KB	512 MB	8 KB
Memoria Flash	32 KB	8 MB	-	128 KB
Procesador	ATMega328	SoC Quark X100	ARM11	ATMega1281
Velocidad de reloj	16 MHz	400 MHz	700 MHz	16 MHz
Voltaje de entrada	5 V	3.3 V / 5 V	3.3 V / 5 V	0.5 – 3.8 V
Voltaje de operación	7 – 12 V	5 V	5 V	5 – 7 V
E/S Analógicas	6	6	-	7
E/S Digitales	14	14	8	8
Ethernet	No contiene	10/100	10/100	No contiene
Sistema Operativo	Ninguno	Windows y Linux	Distribuciones Linux	Ninguno
Comercialización	Recomendable para proyectos de hardware	Eficiente para proyectos de aplicaciones	Eficiente para proyectos de aplicaciones	Utilizado para proyectos industriales

Realizado por: Mendoza María, 2017

Fuente: Arduino-Libellium & Intel, 2017

La tabla 3-2 muestra las diferencias entre las tarjetas de desarrollo, de entre estas la simplicidad y comercialización de Arduino hace que éste sea una buena elección para proyectos de *hardware*.

CAPITULO III

3 DISEÑO DE *HARDWARE* Y *SOFTWARE* DEL SISTEMA

3.1. Introducción

En este capítulo se presenta el diseño del *hardware* y *software* de la red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas que de aquí en adelante se la denominará SSECAL. De acuerdo a los requerimientos que debe cumplir esta investigación se realiza el diseño en bloques de cada uno de sus módulos, se justifica la selección de los sensores y componentes que lo integran, así como el software a implementar. Al final se presenta el esquema de la red diseñada.

3.2. Requerimientos del hardware del SSECAL

De acuerdo al estudio teórico realizado en el capítulo anterior se pueden definir los requerimientos del diseño. Estos son:

- Ser de bajo costo, fácil instalación y operación, presentando flexibilidad y transportabilidad en la supervisión de datos.
- Debe supervisar el pH, temperatura, conductividad y turbidez en el agua, temperatura y humedad relativa ambiente; el entorno acuático mediante imágenes y video en línea.
- La toma de muestras deben contener la ubicación como latitud, longitud, fecha y hora en las que fueron medidas, y transmitidas por medio de comunicación inalámbrica.
- Emitir mensajes de alerta cuando los valores de una de las variables físico-químicas del agua y del ambiente se hallen fuera de los rangos establecidos por medio de la red celular emitiendo mensajes tipo SMS a un dispositivo móvil.
- Proporcionar información en línea para ser almacenada.

3.3. Arquitectura del SSECAL

La concepción general propuesta para el SSECAL se presenta en la figura 1-3, en cual se puede observar el Nodo Robotizado Acuático (NRA), la Estación Remota en Tierra (ERT) y el Módulo de Aviso. Estos módulos se comunican entre sí por radiofrecuencia, Wi-Fi y GSM.

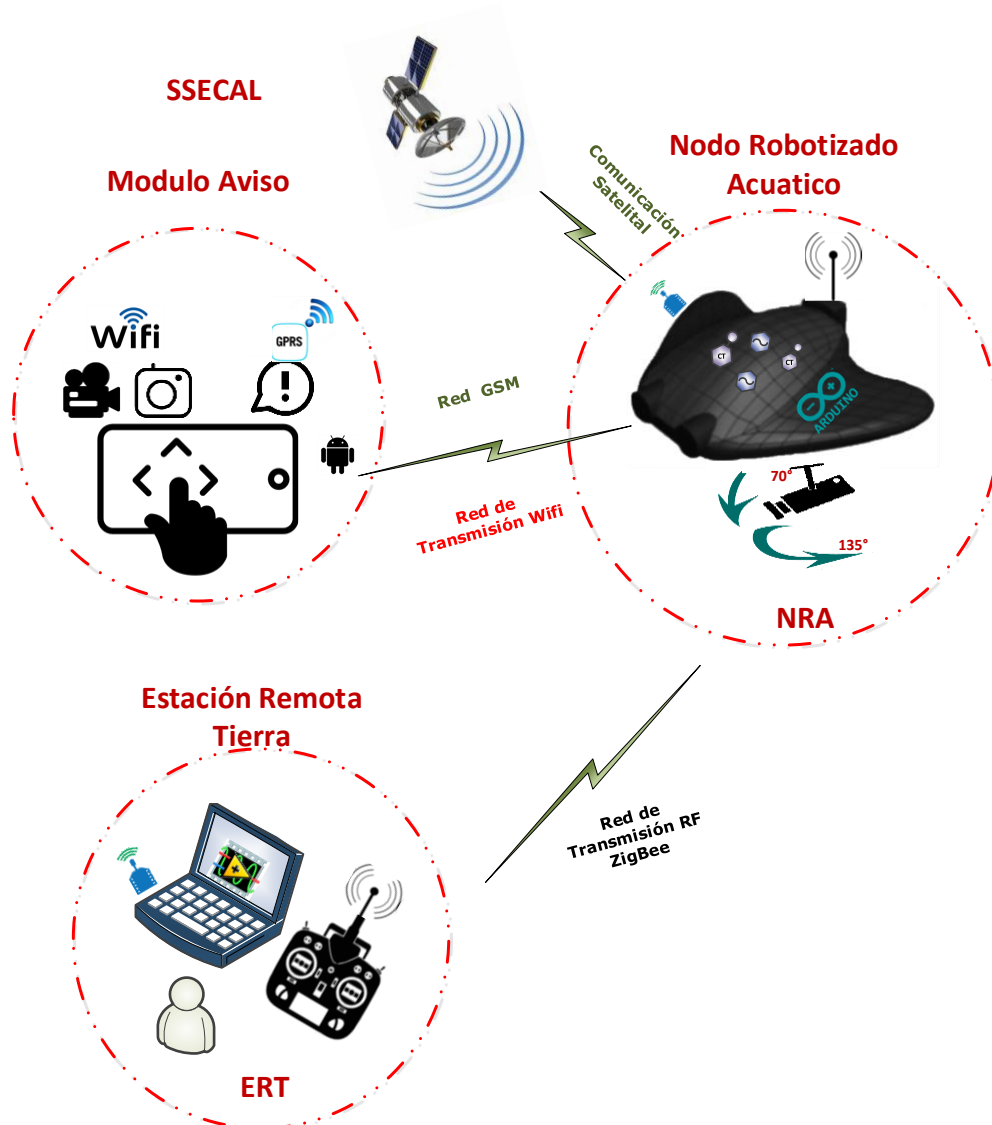


Figura 1-3 Arquitectura del SSECAL
Realizado por: Mendoza María, 2017

3.3.1 *Nodo Robotizado Acuático (NRA)*

Encargado de supervisar, recolectar y transmitir la información medida por los sensores en tiempo real, permite obtener datos de pH, temperatura, conductividad, turbidez del agua, temperatura y humedad relativa ambiente, latitud/longitud del sitio en donde se realiza la supervisión, además realiza la captura de video-imágenes del ecosistema acuático. Parámetros necesarios para la supervisión del ecosistema y la contaminación del agua. Transmite la información recolectada por los sensores hacia la estación remota en tierra en forma directa al computador por módulos de radiofrecuencia (RF). El módulo está integrado por sensores, una fuente de alimentación independiente, un transmisor de RF y un circuito de procesamiento, los mismos se encuentran contenidos en un nodo robotizado encargado de transportarlos y protegerlos. En la figura 2-3 se

muestra el diagrama en bloques del NRA, integrado por nueve bloques, dos de estos contienen los sensores que se encargan de la medición de las 6 variables físico-químicas del agua y del ambiente, un bloque se encarga de verificar que estas variables se encuentren dentro del rango permisible de lo contrario forma un mensaje para ser enviado a través de la red GSM, otro bloque contiene el sensor que obtendrá la ubicación mediante el sistema de posicionamiento global (GPS), un bloque se encarga de capturar las video imágenes y las transmite a través de Wi-Fi, el bloque de procesamiento que recibe la información de los sensores. Esta información es entregada al bloque de transmisión para ser enviada a los módulos restantes. Por último está el bloque Nodo Robotizado encargado de transportar a los bloques antes mencionados.

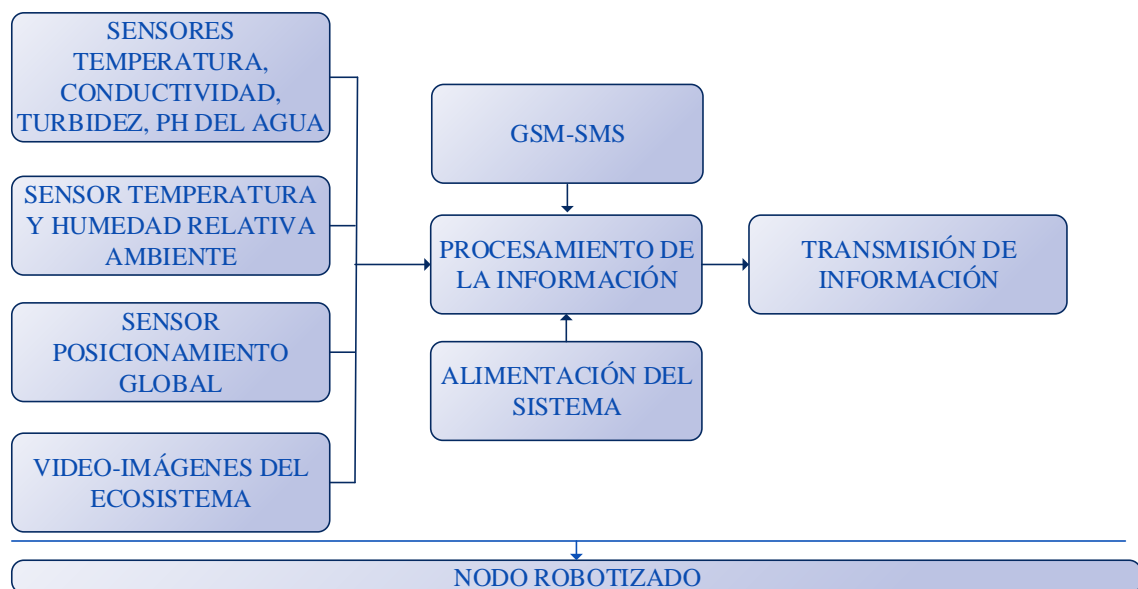


Figura 2-3 Diagrama de bloques del NRA
Realizado por: Mendoza María, 2017

3.3.2 Estación Remota en Tierra (ERT)

Es una estación fija o móvil que se encarga de concentrar toda la información transmitida por radiofrecuencia desde el NRA por las zonas donde se desplace el nodo robotizado; permite visualizar y almacenar la información en el computador, de esta manera se crea una base de datos para que el usuario pueda acceder a la misma. Además cuenta con un bloque que transmite información al nodo robotizado para el control de sus movimientos. En la figura 3-3 se puede observar el diagrama de la ERT.

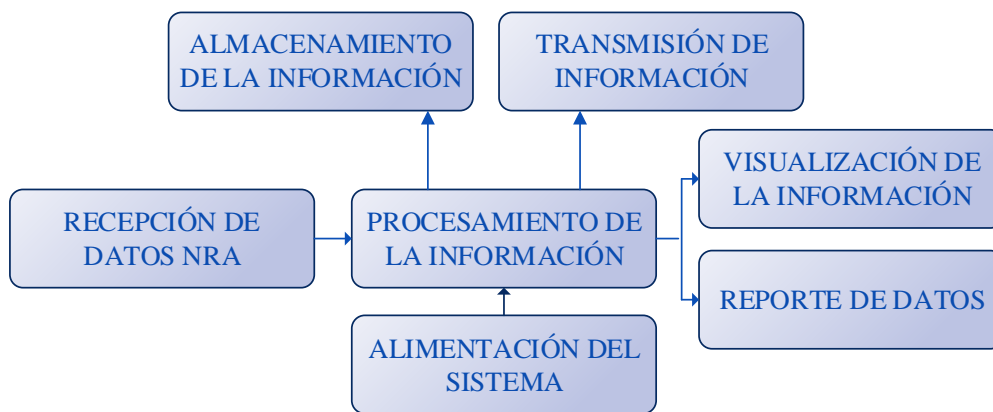


Figura 3-3 Diagrama de la ERT del SSECAL

Realizado por: Mendoza María, 2017

3.3.3 Módulo de Aviso

En la figura 4-3 se muestra el diagrama de bloques del Módulo de Aviso del SSECAL que consta de cuatro bloques interconectados unidireccionalmente. El bloque de recepción de datos que recibe a través de la red GSM un mensaje de alerta, además recibe las video-imágenes por medio de Wi-Fi, información enviada desde el NRA; la misma se procesa en el módulo de Procesamiento de la Información la cual se envía al módulo de Visualización para que las muestre: la primera en forma de mensaje SMS y la segunda mediante la APP Android. El cuarto bloque es el de Transmisión de la Información encargado de controlar los movimientos de la cámara robotizada.

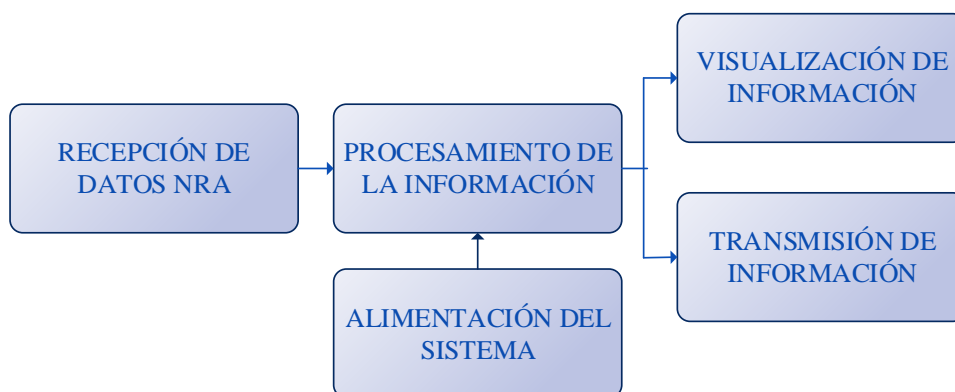


Figura 4-3 Diagrama de bloques del Módulo de Aviso del SSECAL

Realizado por: Mendoza María, 2017

3.4. Selección de los elementos del SSECAL

A continuación se detalla las características principales de los elementos que conforman el SSECAL, las especificaciones técnicas de los mismos se puede ver al final del documento en el (Anexo A).

3.4.1 Procesadores de la información en los módulos del SSECAL

Para cumplir con los requerimientos del SSECAL se eligieron las plataformas Arduino UNO y MEGA 2560, por el costo, factibilidad y facilidad de uso, las mismas se describen a continuación:

3.4.1.1 Arduino UNO

Arduino Uno es un tablero de microcontroladores basado en el ATmega328. Cuenta con 14 pines de entrada / salida digital, 6 de los cuales se pueden utilizar como salidas PWM (*Pulse-Width Modulation* por sus siglas en inglés), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, una conexión USB, una toma de alimentación recomendada de 7 a 12 voltios, una cabecera ICSP (*In Circuit Serial Programming* por sus siglas en inglés) y un botón de reinicio. Arduino UNO difiere de tableros anteriores en que no utiliza el chip driver FTDI USB-to-serial, en su lugar, cuenta con el Atmega16U2 programado como un convertidor USB a serie. Soporta valores de corriente de hasta 40 mA en la mayoría de terminales de entrada/salida. Dispone de un terminal que suministra un voltaje de salida de 3,3 V con una corriente de 50 mA. Posee memorias EPROM de 1 kB y SRAM de 2 kB. (Arduino, 2017) En la figura 5-3 se puede observar una placa Arduino UNO.



Figura 5-3 Placa Arduino UNO

Fuente: (Arduino, 2017)

3.4.1.2 Arduino Mega 2560

Arduino Mega tiene 54 pines de entradas/salidas digitales, 14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM, 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), un cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de *reset*. El voltaje de entrada puede ir desde 7 a 12 voltios. Tiene 256k de memoria flash. (Arduino, 2017) En la figura 6-3 se puede observar la placa Arduino MEGA2560.

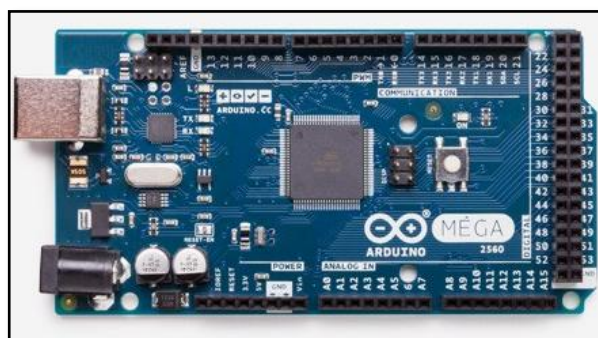


Figura 6-3 Placa Arduino MEGA2560
Fuente: (Arduino, 2017)

3.4.2 Sensores del NRA

El Nodo Robotizado Acuático está formado por los sensores que se encargan de obtener las mediciones de temperatura y humedad relativa ambiente, temperatura, conductividad, turbidez y pH del agua, además uno de los ellos realiza la captura de video-imágenes y otro obtiene la ubicación de las mediciones. Estos sensores pueden definirse como inteligentes pues combinan las funciones de detección, procesamiento de señal y comunicación dentro de ellos. (LabSen, 2017) En la tabla 1-3 se puede observar el rango de los parámetros físico químicos que deben garantizar los sensores en aguas dulces frías, de acuerdo a los Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. (Ministerio del Ambiente, 2015)

Tabla 1-3 Rango de parámetros físico químicos

Parámetros a medir por los sensores	Valor mínimo	Valor máximo
Temperatura Ambiente	-10° C	40° C
Humedad Relativa Ambiente	60% HR	80% HR
Temperatura del agua	-10° C	20° C
Conductividad	100 μ S/cm	3000 μ S/cm
Turbidez	<5, 50 NTU	100 NTU
pH del Agua	6,5	9

Realizado por: Mendoza María, 2017

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015)

El dispositivo de captura de video-imágenes debe supervisar el ecosistema en tiempo real es decir debe permitirme ver las video-imágenes del lago o laguna en diferentes ángulos, y con poca entrada de luz, por lo que es necesario que cuente con visión nocturna.

De la revisión de las características de algunos sensores de temperatura, humedad, pH, conductividad, turbidez y dispositivos para la captura de video-imágenes que existen en el mercado, se seleccionaron los que cumplen con los requerimientos para el SSECAL. A continuación se presenta las principales características técnicas de los mismos.

3.4.2.1 *Sensor de temperatura y humedad relativa del ambiente (AM2301)*

El sensor AM2301 es un sensor digital de bajo costo de puede medir temperatura y humedad relativa del ambiente. Contiene un sensor de humedad capacitivo y un termistor para medir el aire circundante, envía una señal digital en el pin de datos. Es simple de usar, pero requiere una cuidadosa sincronización para tomar datos. Su fuente de alimentación puede estar desde 3.3Vdc $\leq V_{cc} \leq 5.5Vdc$ con una corriente de 1-1.5 mA, el rango de medición de temperatura es de -40°C a 80 °C con una precisión temperatura $\leq \pm 0.5$ °C con resolución temperatura de 0.5°C; el rango de medición de humedad es de 0 a 100% RH con una precisión 3% RH y una resolución humedad de 0.1%RH, y de bajo consumo de energía. En la figura 7-3 se puede observar el sensor su encapsulado y parte interna AM2301.

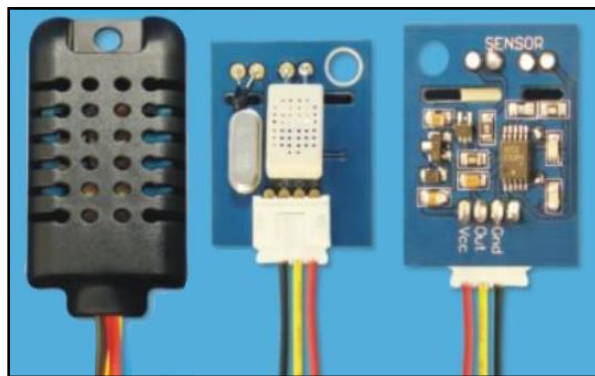


Figura 7-3 Sensor AM2301 vista exterior e interior.
Fuente: (Aosong(Guangzhou) Electronics Co., 2015)

3.4.2.2 *Sensor de temperatura del agua DS18B20*

El dispositivo sensor de temperatura digital DS18B20, se usa en exteriores o en contacto con líquidos. Utiliza comunicación *OneWire*, este protocolo permite enviar y recibir datos utilizando un solo cable, su rango de operación de -50 a 125 grados Centígrados con una precisión ± 0.5 grados. Es fabricado por Dallas Semiconductor, con encapsulado en TO92, de tipo sonda y con

protección metálica. Tiene una salida con comunicación serie *I-Wire* (Maxim Integrated Products, 2015) En la figura 8-3 se puede observar el sensor de temperatura DS18B20.



Figura 8-3 Sensor de Temperatura Digital DS18B20
Fuente: (Maxim Integrated Products, 2015)

3.4.2.3 *Logo Ph Sensor v1.1*

Es un sensor de pH analógico, diseñado especialmente para los controladores para Arduino. Posee un conector tipo BNC, un electrodo de vidrio PH y cuya composición de referencia es plata y cloruro de plata, elementos que se usan para medir el valor PH de una solución acuosa. Su fuente de alimentación debe ser de 5 V, cuenta con un rango de medición de 0 a 14pH con precisión de ± 0.1 pH, su tiempo de respuesta es ≤ 1 min. (GNU Free Documentation License 1.3, 2017) En la figura 9-3 se puede observar a la izquierda la interfaz para conectarla al Arduino y a la derecha la sonda con el electrodo.



Figura 9-3 Sensor de pH del Agua, interfaz y electrodo.
Fuente: (Law Enforcement Compliance Guide, 2017)

3.4.2.4 *Sensor de conductividad*

Es un sensor de conductividad analógico, diseñado para Arduino. Su fuente de alimentación debe ser de 5 V, cuenta con un rango de medición de 0 a 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Su precisión es de $\pm 1 \mu\text{S}/\text{cm}$. (Gertz & Di Justo, 2012) En la figura 10-3 se puede observar el sensor conductividad.

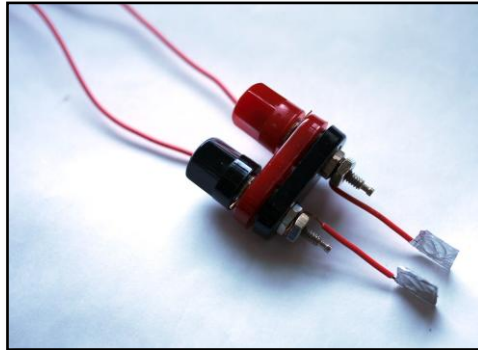


Figura 10-3 Sensor de conductividad
Fuente: (Gertz & Di Justo, 2012)

3.4.2.5 *Sensor SKU SEN0189*

La figura 11-3 muestra el sensor de turbidez SKU: SEN0189, diseñado para Arduino, funciona con una fuente de alimentación de 5 V y corriente de 40mA, cuenta con una resistencia de 100M, opera en temperaturas de -10°C hasta 90°C . Presenta un tiempo de respuesta menor a 500 ms. Su rango de medición es de 0 hasta 3000 NTU (Unidades de Turbidez Nefelométricas). (DFRobot Electronic Product, 2017)



Figura 11-3 Sensor de turbidez
Fuente: (DFRobot Electronic Product, 2017)

3.4.2.6 *Módulo GPS NEO 6M*

El módulo GPS en su modelo GY-GPS6MV2 posee un módulo serie U-Blox NEO 6M equipado en el PCB, una EEPROM con configuración de fábrica, una pila de botón para mantener los datos

de configuración en la memoria EEPROM, un indicador LED y una antena cerámica. El voltaje de alimentación está en el rango de 3.0 a 5.0 volts. Utiliza el sistema de coordenadas WGS-84 con una sensibilidad de captura -148dBm y una sensibilidad de rastreo de -161dBm con una exactitud de 1micro segundo, trabaja a una frecuencia receptora de 1575.42Mhz. (MECHATRONICS, 2017) En la figura 12-3 se puede observar este módulo.



Figura 12-3 Módulo GPS NEO 6M
Fuente: (MECHATRONICS, 2017)

3.4.2.7 WANSCAM HW0024 W

La WANSCAM HW0024 W es una cámara IP del fabricante WANSCAM modelo HW0024 es un dispositivo robotizado, permite realizar movimientos con ángulos de giro de 135° horizontal y 70° vertical. Posee lentes de cristal estándar de 3.6 mm. Las video-imágenes tienen compresión H264/MJPEG la velocidad de captura de imágenes es 50Hz a 25 frames por segundo y 60HZ a 30 frames por segundo permitiendo una resolución de 1280×720 pixeles o 640x352, la frecuencia de luz es de 50Hz, 60Hz o exterior, la visión nocturna trabaja con 10 infrarrojos LEDs de hasta 10 metros. Su fuente de alimentación es 5V a 2 A. (Domótica & High-Tech) En la figura 13-3 se puede observar el dispositivo.



Figura 13-3 WANSCAM HW0024 W
Fuente: (Domótica & High-Tech)

3.4.3 Estructura del Nodo Robotizado

La estructura del nodo robotizado fue desarrollada con la ayuda de la herramienta de diseño mecánico SOLIDWORKS CAD en 3D que proporciona facilidad de diseño robusta, la misma se puede observar en la figura 14-3.

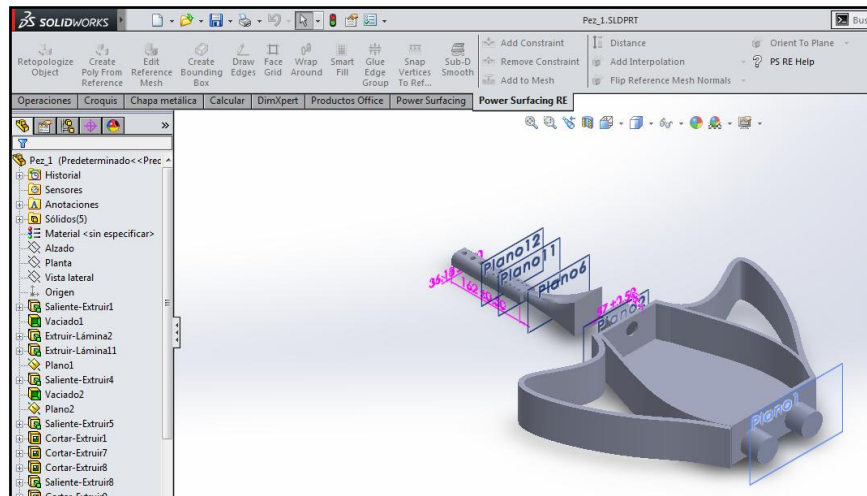


Figura 14-3 Diseño del Nodo Robotizado
Realizado por: Mendoza María, 2017

El nodo está compuesto por material tipo PLA o ácido poliláctico que es uno de los filamentos más versátiles para la impresión en 3D de tipo biodegradable y normalmente se obtiene del almidón de maíz, permitiendo una textura de las piezas no tan suave, pero sumamente brillante y con esquinas suavizadas. (Impresoras3d.com, 2017) En la figura 15-3 se presenta el producto final a ser impreso.

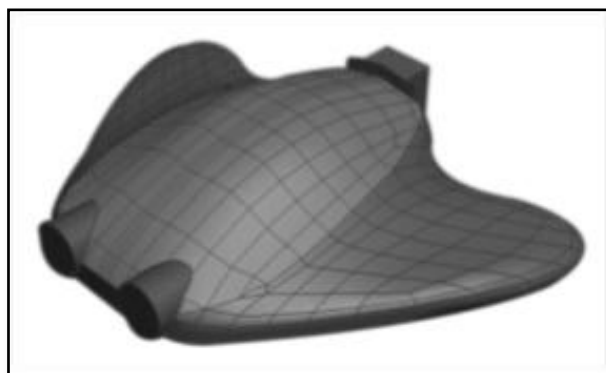


Figura 15-3 Nodo Robotizado
Realizado por: Mendoza María, 2017

Los dispositivos a utilizar para la construcción del Nodo Robotizado se detallan a continuación:

3.4.3.1 Driver dual para motores (Full-Bridge) – L298N

Es un dispositivo tipo driver que se puede observar en la figura 16-3 de motor doble, su función principal es la interconexión de dos motores de corriente continua y motores bipolar paso a paso a un microcontrolador u Arduino permitiendo el control de movimientos de los mismos. El tamaño de la placa pequeña y la derivación le da acceso directo a todas sus características como las que se menciona: (Electronilab, 2017)

- Voltaje de alimentación, mínimo de 5 V a 2 A.
- La tarjeta tiene la opción de habilitar un regulador LM7805 integrado en ella para alimentar la parte lógica.
- Posee 6 entradas de control y admite entradas de señal PWM para el control de velocidad.
- Salidas: para 2 motores de DC o para un motor bipolar paso a paso.

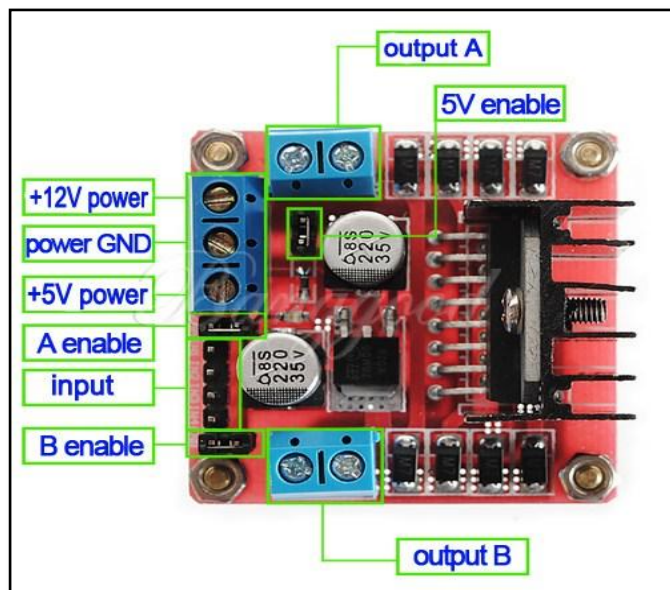


Figura 16-3 Driver dual para motores (Full-Bridge) – L298N
Fuente: (Electronilab, 2017)

3.4.3.2 Motores Motorreductores DC

Este tipo de motores también conocidos como motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de equipos, máquinas, y trabajos en donde se necesita reducir su velocidad en una forma segura y eficiente. Se usa en proyectos donde requiere girar una polea, un elevador o para las llantas de un robot. Presenta mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor. (HeTPro, 2017) En la figura 17-3 se puede observar los motores motoredutores DC.



Figura 17-3 Motorreductores DC
Realizado por: Mendoza María, 2017

3.4.4 *Transmisión y recepción de información*

3.4.4.1 *XBee-PRO 900 OEM*

El SSECAL usa tecnología ZigBee por su flexibilidad, bajo costo y bajo consumo de energía; se utilizó módulos XBee-PRO 900 OEM del fabricante DiGi International, Módulos de RF que se puede apreciar en la figura 18-3. Proporciona integridad de datos entre los dispositivos, utilizan el estándar de red IEEE 802.15.4 para crear redes FAST, punto a multipunto y punto a punto, diseñado para aplicaciones donde requieren de un alto tráfico de datos. Tiene un alcance en zona urbana de 140 m. y con línea de vista directa al aire libre de 3 km y hasta 6 millas (10 km) con antena de alta ganancia, transmite a una potencia de salida de 50 mW, presenta una sensibilidad del receptor de -100 dBm, la velocidad de datos RF es de 156,25 kbps, funciona con una corriente de TX de 210 mA a 3.3 V y una corriente de RX de 80 mA a 3.3 V. (International D. , 2008)



Figura 18-3 XBee-PRO 900 OEM
Fuente: (International D. , 2008)

3.4.4.2 GSM/GPRS SIM 900's

El módulo GSM/GPRS SIM 900's que incorpora las características de GSM (*Global System for Global Communications*, por sus siglas en inglés) que es un sistema de comunicaciones utilizado en teléfonos móviles, cuya primera funcionalidad es la transmisión de voz, aunque también permite la transmisión de datos tipo SMS, y las características de GPRS (*General Packet Radio Service* por su siglas en inglés), la velocidad máxima del GPRS es de 171kbits/s, y se alimenta de 4,8 V a 5,2V, funciona en redes GSM con frecuencias de 850/900/1800/1900 MHz, En la figura 19-3 se puede observar este dispositivo (GEEETECH, 2014)



Figura 19-3 GSM/GPRS SIM 900's

Fuente: (GEEETECH, 2014)

3.4.4.3 Flysky Fs-i6

Este sistema de radio cuenta con una antena multidireccional, con alta ganancia y calidad que cubre toda la banda de frecuencias asociada al receptor de alta sensibilidad, el sistema garantiza una transmisión de radio de largo alcance libre de interferencias. Utiliza componentes electrónicos de baja potencia y la modulación del receptor RF sensible el chip utiliza la señal intermitente lo que reduce aún más el consumo de energía. Cuenta con 6 canales y un receptor, trabaja en la banda de 2,4 GHz. Tiene un alcance de 800 m en línea de vista, sin embargo con una antena de alta ganancia puede alcanzar distancias hasta de 10 Km. En la figura 20-3 se puede observar el dispositivo. (Modeltronic.es, 2017)



Figura 20-3 Flysky Fs-i6

Fuente: (Modeltronic.es, 2017)

3.5. Esquema de Conexión del SSECAL

Luego de describir los diferentes componentes electrónicos y sensores que integran los módulos del SSECAL, se presenta en la figura 21-3, el diagrama de conexión, con el procesador y que comunica con cada uno de los componentes de la siguiente manera:

- El sensor de temperatura y humedad relativa del ambiente (AM2301) se une su salida de datos (OUT) con el terminal 4 del Arduino. Adicional se debe conectar una resistencia de 5,1 k Ω entre el terminal OUT y la alimentación de 5 V.
- El sensor de temperatura del agua DS18B20 se une su salida de datos (DQ) con el terminal 12 del Arduino. Se debe conectar una resistencia de 4,7 k Ω entre el terminal DQ y la alimentación de 5 V.
- Sensor de pH del agua SEN0161 se conecta su salida Po al pin A2 del Arduino y la alimentación a 5 V.
- Sensor de conductividad se conecta a los pines A0 y A5 y la alimentación de 5 V, se debe conectar una resistencia de 10 k Ω entre el terminal GND y A0.
- Sensor de turbidez utiliza el terminal A2 y A3, con alimentación de 5 V.
- El GPS NEO 6M se conecta a la alimentación de 3.3V del Arduino UNO el pin GND del Arduino UNO al pin GND del módulo GPS, el pin digital 4 del Arduino UNO al pin Tx del módulo GPS y el pin digital 3 del Arduino UNO al pin Rx del módulo GPS.
- Se debe conectar una fuente de alimentación externa al shield GPRS y alimentar el Arduino con una fuente aparte, se utiliza los pines 7 y 8 para la comunicación serie y el GND entre ambas tarjetas.

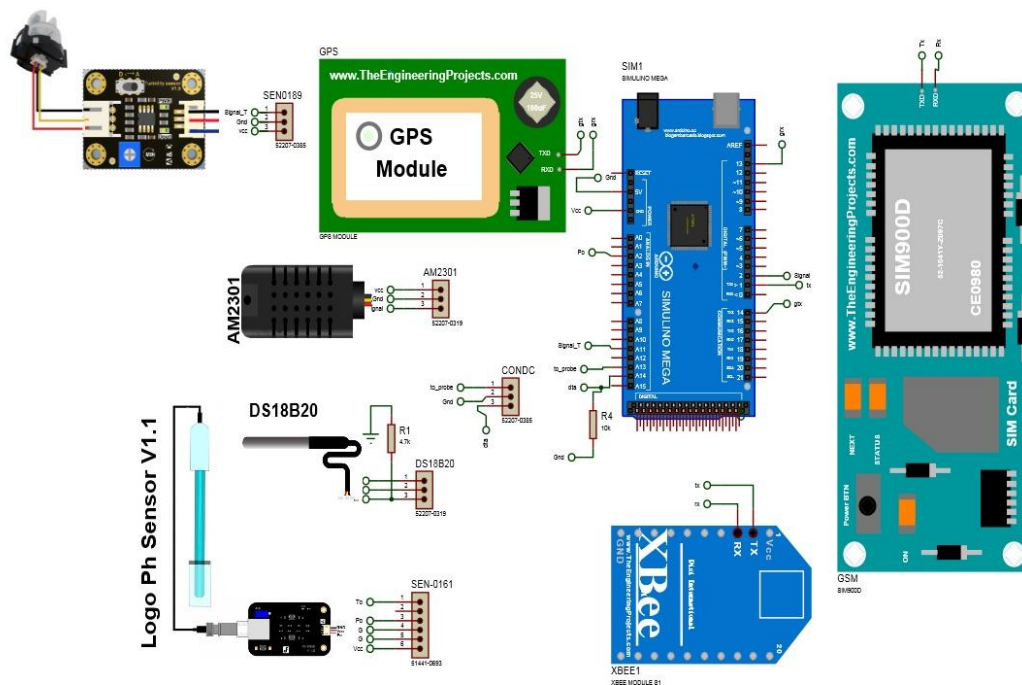


Figura 21-3 Esquema de conexión del NRA
Realizado por: Mendoza María, 2017

3.6. Requerimientos del Software del SSECAL

Los sistemas electrónicos basan sus diseños en una combinación *hardware* y *software*, donde el éxito del mismo depende de la correlación entre ambos. A continuación se definen los requerimientos específicos que debe satisfacer el software de cada módulo del SSECAL.

3.6.1 Requerimientos del software para el NRA

- Los sensores deben tomar las mediciones en forma secuencial en un periodo de tiempo pre-establecido y convertirlos a unidades de ingeniería.
- Se debe determinar los valores máximos y mínimos censados de temperatura y humedad relativa ambiente, temperatura, conductividad, turbidez y pH del agua, de existir violación de los límites establecidos, hay que estructurar un mensaje de texto y transmitirlo a un celular por GSM.
- En cada medición se debe transmitir la ubicación, fecha, hora y los parámetros de ambiente y agua identificados.
- Transmitir en cadena de caracteres ASCII los valores obtenidos en forma individual y secuencial, de los sensores en período de tiempos programados.
- Finalizar la comunicación con la ERT.

3.6.2 *Requerimiento de software para la ERT*

- Debe proporcionar comunicación con el NRA.
- Leer por radiofrecuencia los datos enviados por el NRA.
- Se debe almacenar los datos recibidos del NRA en un archivo cuyo formato sea adecuado para ser reconocido por hojas de cálculo o procesadores de texto.
- Presentar las mediciones mediante gráficas de los datos recibidos en una interfaz.
- Debe mostrar las video-imágenes capturadas de la supervisión del ecosistema acuático.
- Debe permitir controlar el nodo robotizado, movimientos de avance, retroceso, izquierda y derecha.

3.6.3 *Requerimientos de software para el Módulo de Aviso*

- Recibir el mensaje generado por el NRA.
- Conectarse con el dispositivo robotizado de captura de video imágenes del NRA.
- Visualizar en tiempo real el ecosistema acuático.
- Controlar los movimientos de 135° horizontal y 70° vertical del dispositivo robotizado.

3.7. Descripción del software de desarrollo

El software para manejar los diferentes módulos del SSECAL se realiza con programación estructurada, por medio de funciones. Las herramientas de programación utilizadas para en el desarrollo del software, se detallan a continuación:

3.7.1 *Software para la plataforma del hardware libre del Arduino*

El entorno de desarrollo integrado también llamado IDE, es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación, muy parecido al lenguaje C. Un IDE es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación; es decir, que consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Además Arduino incorpora las herramientas para cargar el programa ya compilado en la memoria flash del hardware. (Arduino, 2017) El programa desarrollado en este entorno se lo puede encontrar en el Anexo B.

3.7.2 *Software LabVIEW*

LabVIEW es un software de ingeniería de sistemas que requiere pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware e información de datos. Se utiliza para crear un instrumento virtual en un computador, capaz de establecer una comunicación por el puerto USB para extraer en tiempo real la información de los módulos. LabVIEW es un programa desarrollado por la *National Instruments* (NI) basa su programación en instrucciones gráficas y permite el desarrollo de sistemas de adquisición de datos adicionando tarjetas internas o externas así como el control de *hardware*. (National Instruments Corporation, 2017)

3.7.3 *Software Android Studio*

Desarrollado por GOOGLE permite el desarrollo de aplicaciones móviles, basado en IntelliJ IDEA. El lenguaje de programación que maneja es similar Java. Cuenta con un conjunto de herramientas de desarrollo SDK (*Software Development Kit* por sus siglas en inglés). Permite desarrollar aplicaciones y ejecutar en emuladores para Android. (Ribas Lequerica, 2013)

3.8. Diagrama de Flujo del programa del NRA

En la figura 22-3 se muestra el diagrama de flujo del programa principal del NRA, el cual se describe a continuación.

Encabezado:

- Se incluye las librerías externas necesarias para utilizar los diferentes sensores: <<DHT.h>> para la Temperatura y Humedad Relativa Ambiente, <<Dallas temperatura.h>> para la Temperatura del Agua, <<TinyGPS.h>> para el sensor de posicionamiento.
- Se declara las funciones que se utilizarán.

Variables, constantes globales:

- Se declaran constantes, variables globales y objetos de clases, que usaremos durante la programación.
- Se procede a la declaración e inicialización de las variables globales y la inicialización de los sensores.

Setup

- Se configuran las entradas y salidas del Arduino, y se inicializan los dispositivos.

Loop

- Se declaran e inicializan las variables locales y se llama a las funciones.
- El algoritmo verifica si no existe error en la adquisición de datos del sensor GPS, si los resultados son correctos nos devuelve la latitud, longitud, hora (hora, minutos, segundos), fecha (año, mes, día) y llama a las funciones siguientes: Temp_amb () devuelve la Temperatura Ambiente registrada en el sensor en grados centígrados, Hum_amb () Humedad Relativa Ambiente registrada en el sensor en porcentaje, Temp_agua () devuelve la Temperatura del Agua en grados centígrados, pH_agua () devuelve el valor del pH del Agua cuya medida es adimensional, Conductividad() devuelve la conductividad del agua en $\mu\text{S}/\text{cm}$, Turbidez() devuelve el valor de la turbidez del agua en NTU.
- Con los datos obtenidos por los sensores, se genera una trama de caracteres ASCII que es enviada por RF. Se dispone de un tiempo de espera y reinicio el cual permite observar los datos por el puerto USB y generar espacio de espera entre envíos. La estructura de la trama de datos tiene una longitud de 70 caracteres y debe ser distribuida de la siguiente manera: **A**(Temperatura Ambiente), **B**(Humedad Relativa ambiente), **C**(Temperatura del Agua), **D**(pH del Agua), **E**(Conductividad del agua), **F**(Turbidez del agua), **L**(latitud), **K**(longitud), **D**(Día), **M**(Mes), **V**(Año), **H**(Hora), **O**(Minutos), **S**(Segundos).
- Se compara si los valores obtenidos por los sensores se encuentran dentro del rango permitido, de no ser el caso se forma el mensaje y se envía al celular utilizando la función Mensaje_sms().

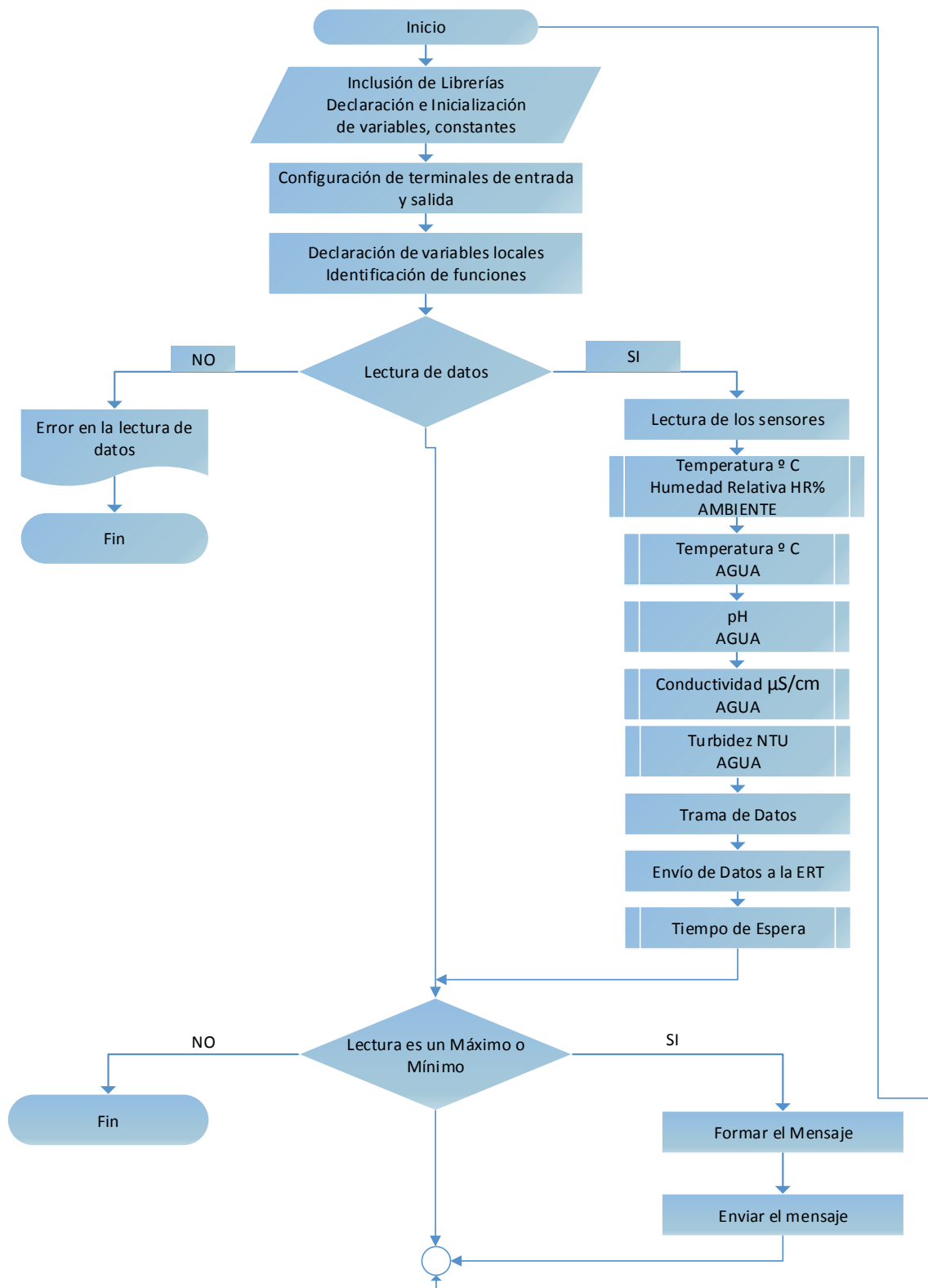


Figura 22-3 Diagrama de flujo del programa principal del NRA
Realizado por: Mendoza María, 2017

3.9. Diagrama de Flujo del programa de la ERT

Es la encargada de tomar la cadena de caracteres, que es enviada por el NRA. La información recibida es presentada y graficada en la pantalla del computador, y se almacena en el archivo ReporteRISIRSECA en la partición D del computador. Esta información puede ser leída en un procesador de texto o de hojas de cálculo. La figura 23-3 muestra el diagrama.

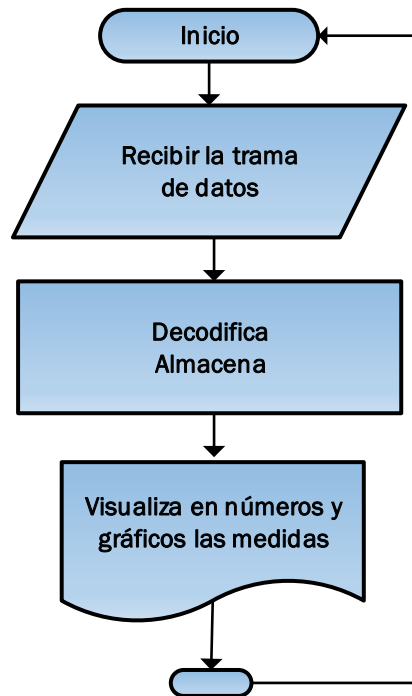


Figura 23-3 Diagrama de flujo del programa de la ERT
Realizado por: Mendoza María, 2017

La Estación Remota a Tierra también es la encargada de controlar el NRA permitiendo movimientos de avance, retroceso, izquierda y derecha. La figura 24-3 muestra el diagrama de flujo para el control del NRA con la ERT.

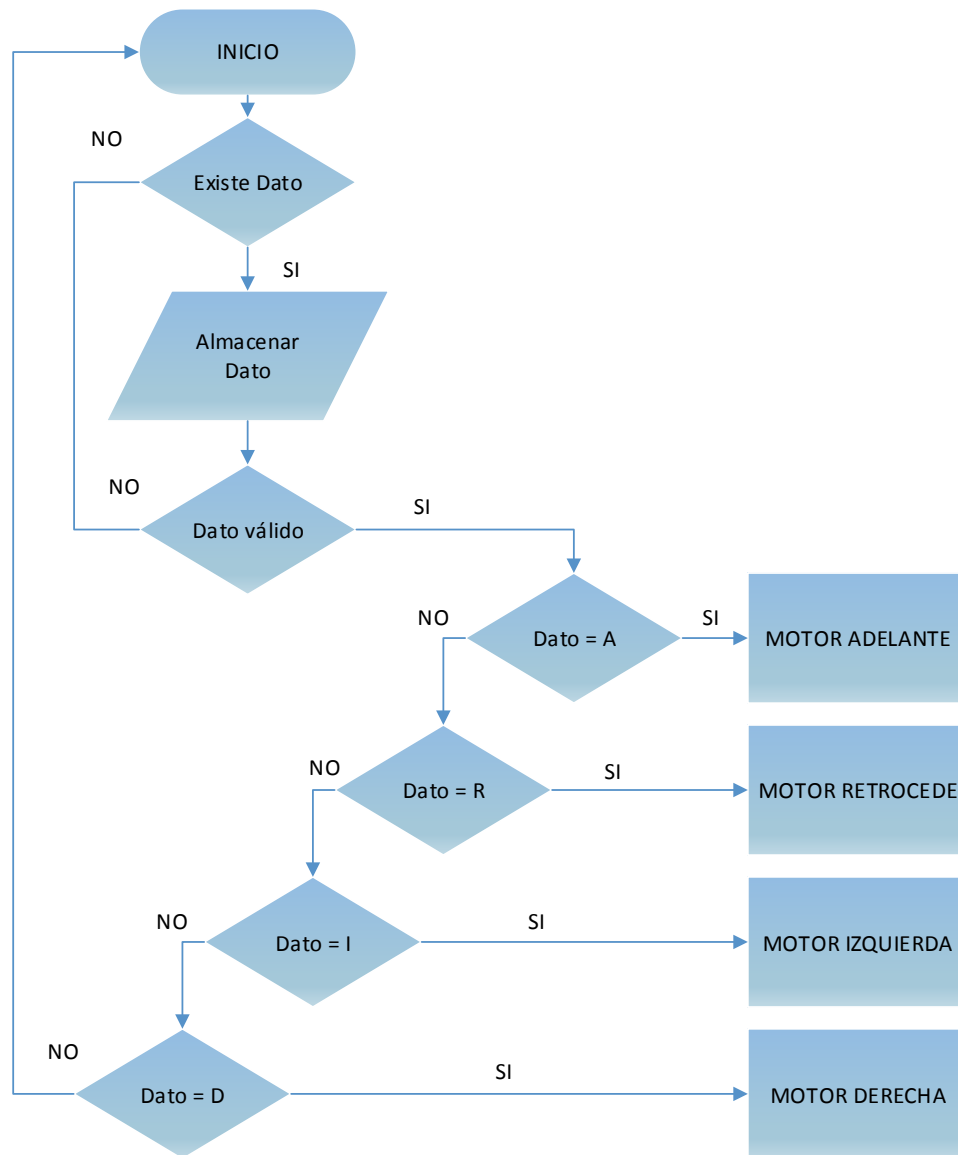


Figura 24-3 Diagrama de flujo del control del NRA con la ERT
 Realizado por: Mendoza María, 2017

3.10. Diagrama de Flujo del programa del Módulo de Aviso

El módulo de aviso recibe el SMS de alerta cuando un parámetro se encuentra fuera del rango permisible, también muestra las video-imágenes del ecosistema acuático en la APP a la vez que controla el movimiento de la cámara robotizada. En la figura 25-3 se muestra el diagrama de flujo del programa principal del Módulo de Aviso.



Figura 25-3 Diagrama de flujo del Módulo de Aviso
Realizado por: Mendoza María, 2017

3.11. Software de recolección en la ERT

La interfaz fue diseñada en LabVIEW 2015, permite obtener información de los sensores por el puerto USB en el computador, es la encargada de tomar una cadena de caracteres ASCII suministrada por el NRA, la información recibida es presentada en forma numérica y grafica en la pantalla del computador y a la vez es almacenada como un archivo en el disco duro, el mismo puede ser procesado en hojas de cálculo (Excel) y procesadores de texto, el Anexo C presenta el reporte generado mediante este archivo. En la figura 26-3 podemos observar la interfaz, la cual muestra los valores de la Temperatura del Agua y Temperatura Ambiente en °C, Humedad Relativa Ambiente en %HR, pH del Agua, Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$ y Turbidez en NTU. Contiene un panel para visualizar las video-imágenes del ecosistema acuático.

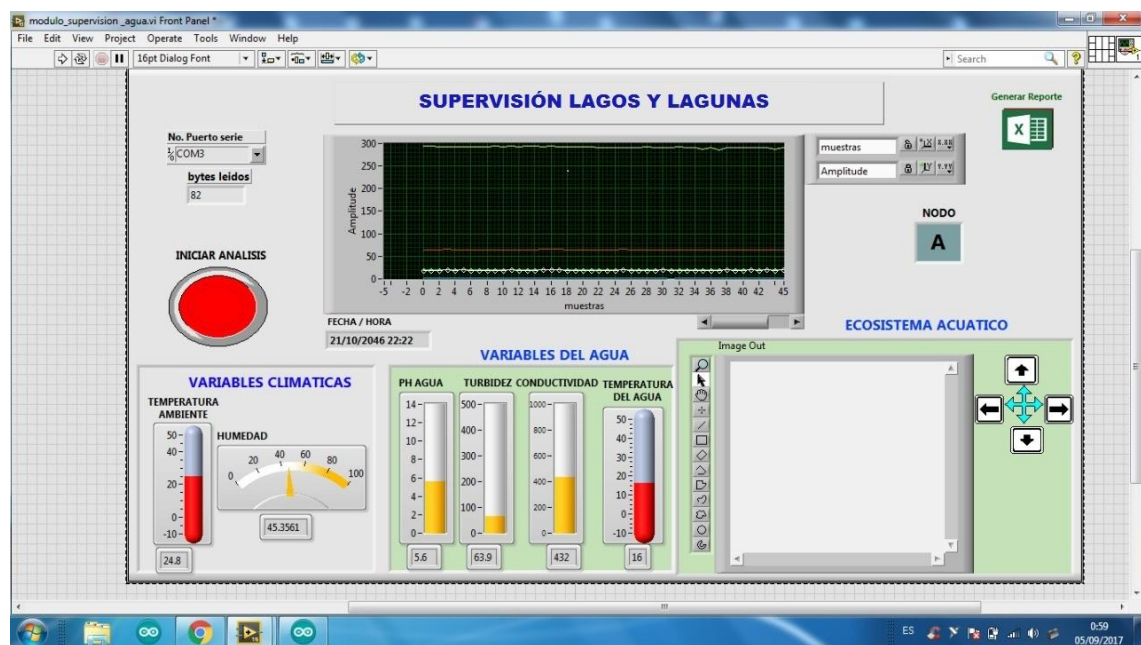


Figura 26-3 Panel frontal de la herramienta virtual desarrollada en LabVIEW para el SSECAL
Realizado por: Mendoza María, 2017

CAPÍTULO IV

4 Validación del SSECAL

4.1. Introducción

En este capítulo se muestra los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas al SSECAL implementado. Se evaluó el *hardware* y *software* integrados tanto al Módulo de Aviso, al NRA y la ERT, así como las comunicaciones de la red implementada, se caracterizan las respuestas de los módulos en función de los requerimientos de la investigación.

4.2. Caracterización del NRA

Para comprobar que el NRA cumple con los resultados esperados, se caracterizan las mediciones y comunicaciones que realizan, las mismas se detallan a continuación:

4.2.1 *Caracterización de las mediciones realizadas por el NRA*

En la figura 1-4 podemos observar el Nodo Robotizado Acuático, en el cual se aprecia el nodo robotizado y los sensores que lo constituyen.

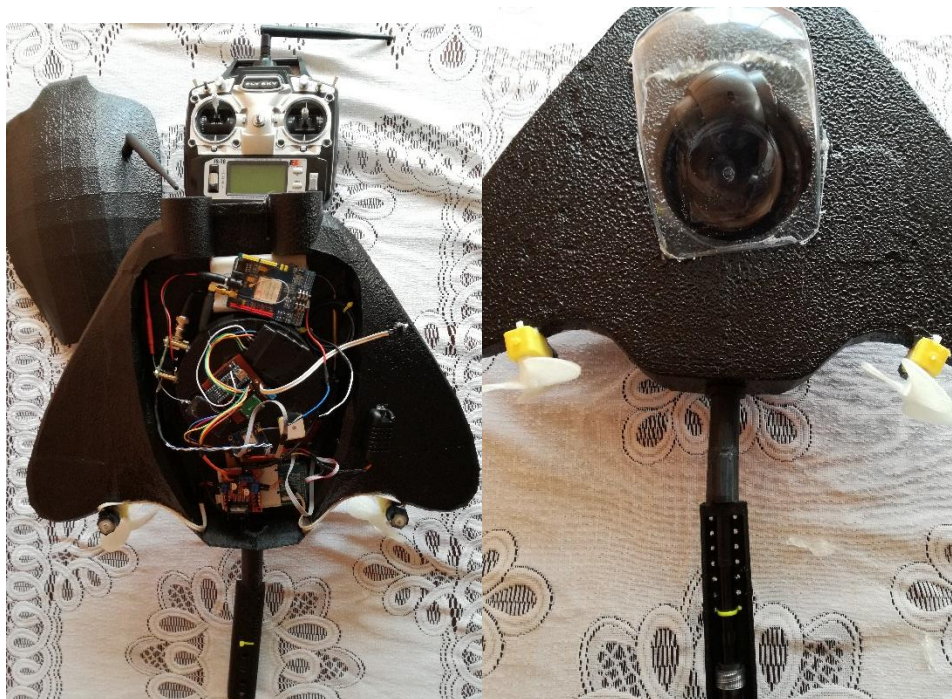


Figura 1-4 Fotografía del NRA
Realizado por: Mendoza María, 2017

Al no disponer de equipos especializados por sus costos excesivamente altos se efectúa un análisis comparativo de los datos obtenidos por cada sensor del NRA con respecto a equipos comerciales de medición de características similares.

4.2.1.1 *Caracterización de las mediciones de temperatura y humedad relativa ambiente*

En la tabla 1-4 se presenta los valores del resultado de las mediciones realizadas con los sensores incorporados al NRA, los mismos presentan una exactitud de $\pm 0,5$ °C en la medida de temperatura ambiental y 3% RH en la medida de humedad relativa ambiente. Para el efecto comparativo se toma como referencia el equipo (*Electronic Thermo-Hygrometer Model: ETHG912*) cuya exactitud es ± 1 °C en temperatura y ± 1 % HR en Humedad Relativa Ambiente. (Scientific, 2016)

Las mediciones se obtuvieron sometiendo a funcionamiento continuo al NRA, durante un tiempo estimado de siete días sin considerar el horario, se generan 25 muestras para su análisis con el objetivo de comprobar si el sistema no introduce un error adicional al de los sensores juntos cuyos errores máximos son de $\pm 1,5$ °C en la temperatura y ± 4 % HR en humedad relativa.

Tabla 1-4 Mediciones con los sensores de temperatura y humedad del ambiente

Nro .	TEMPERATURA AMBIENTE °C		Error Absoluto Temperatura	HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE %HR		Error Absoluto Humedad Relativa
	REFERENCIA ETHG912	SENSOR AM2301		REFERENCIA ETHG912	SENSOR AM2301	
1	21	22	-1	49	53	-4
2	21	21	0	50	53	-3
3	21	21	0	50	53	-3
4	21	21	0	50	53	-3
5	21	21	0	50	53	-3
6	21	21	0	50	53	-3
7	21	21	0	50	53	-3
8	21	21	0	50	53	-3
9	21	21	0	50	53	-3
10	21	21	0	50	53	-3
11	21	21	0	50	53	-3
12	21	21	0	50	53	-3
13	21	21	0	50	53	-3
14	20	21	-1	50	53	-3
15	20	21	-1	50	53	-3
16	20	21	-1	50	53	-3
17	20	21	-1	50	54	-4
18	20	21	-1	50	54	-4
19	20	21	-1	50	54	-4
20	21	21	0	50	53	-3
21	20	21	-1	50	53	-3
22	20	21	-1	50	53	-3
23	20	21	-1	50	53	-3
24	20	21	-1	50	53	-3
25	20	21	-1	50	53	-3

Realizado por: Mendoza María, 2017

Fuente: Datos tomados durante las pruebas de medición.

Mediante el análisis se presenta errores máximos de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $\pm 4\%\text{HR}$, que corresponden a los errores de medida de los sensores utilizados, por lo que se puede concluir que el sistema diseñado no introduce error adicional al medir la temperatura ambiente y la humedad relativa en esta investigación a los sensores cuyos valores son $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y $\pm 3\%\text{HR}$.

4.2.1.2 Caracterización de las mediciones de temperatura, pH, conductividad, turbidez del agua

Para la realización de esta prueba se pone en funcionamiento continuo los sensores, generando 25 muestras para su análisis, cuyos errores máximos deben estar en $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ en la temperatura, $\pm 0,2$ pH, ± 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en conductividad y ± 2 NTU en la turbidez. La tabla 2-4 muestra las mediciones realizadas con los sensores de agua, los mismos presentan una exactitud de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ en la medida de temperatura, ± 0.1 pH (a 25°C) en la medida de potencial de hidrógeno, $\pm 1\mu\text{S}/\text{cm}$ en la medida de conductividad del agua en el SSECAL. Para el efecto comparativo se toma como referencia el equipo (TDS&EC Hold) cuya exactitud es $\pm 1^{\circ}\text{C}$ en temperatura del agua, $\pm 1\mu\text{S}/\text{cm}$ en conductividad. (METRICS-Digital Meters, 2015) El Macherey-Nagel pH-Fix tienen una precisión de $\pm 0,1$ pH en el agua. (Scientific, 2016)

Tabla 2-4 Mediciones con los sensores de temperatura, pH, conductividad y turbidez del agua

Nro.	TEMPERATURA $^{\circ}\text{C}$		Error Absoluto de Temperatura	pH		Error Absoluto pH	CONDUCTIVIDAD $\mu\text{S}/\text{cm}$		Error Absoluto Conductividad
	TDS&EC	DS18B20		pH-Fix	Logo pH Sensor V1.1		TDS&EC	Sensor de Conductividad	
1	18	18	0	7	6,9	0,1	365	365,53	-0,53
2	18	18	0	7	6,9	0,1	365	365	0
3	18	18	0	7	6,9	0,1	365	365	0
4	18	18	0	7	6,9	0,1	365	365	0
5	18	18	0	7	6,9	0,1	365	365	0
6	18	18	0	7	6,9	0,1	365	365	0
7	18	18	0	7	7	0	365	365	0
8	18	18	0	7	7	0	365	365,53	-0,53
9	18	18	0	7	7	0	365	365	0
10	18	18	0	7	7	0	365	365	0
11	18	18	0	7	7	0	365	365	0
12	18	18	0	7	7	0	365	365	0
13	18	18	0	7	7	0	365	365	0
14	18	18	0	7	7	0	365	365	0
15	18	18	0	7	7	0	365	365	0
16	18	18	0	7	7	0	365	365	0
17	18	18	0	7	7	0	365	365	0
18	18	18	0	7	7	0	365	365	0
19	18	18	0	7	6,9	0,1	365	365	0
20	18	18	0	7	6,9	0,1	365	365	0
21	18	18	0	7	7	0	365	365	0
22	18	18	0	7	7	0	365	365	0
23	18	18	0	7	7	0	365	365	0
24	18	18	0	7	7	0	365	365,53	-0,53
25	18	18	0	7	7	0	365	365,53	-0,53

Realizado por: Mendoza María, 2017

Fuente: Datos tomados durante las pruebas de medición.

En el análisis se puede observar errores máximos de 0°C , $\pm 0,1\text{pH}$, $\pm 0,53\mu\text{S/cm}$ que corresponden a los errores de medida de los sensores utilizados en esta investigación, por lo que se puede concluir que el sistema diseñado no introduce error al medir la temperatura, potencial de hidrógeno y conductividad cuyos errores corresponden a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ en la medida de temperatura, $\pm 0.1\text{pH}$ en la medida de potencial de hidrógeno, $\pm 1\mu\text{S/cm}$ en la medida de conductividad del agua.

4.2.1.3 Caracterización del sensor de posicionamiento GPS

Para este análisis se puso en funcionamiento el Nodo robotizado con el cual se tomaron varias muestras durante un lapso de tiempo de 10 minutos almacenados en un archivo en el computador y a través de la herramienta software MatlabR2015a se realiza el gráfico de las trayectorias tomadas, para comprar con las mediciones tomadas con el equipo comercial (Oregon 550T), y se muestran los resultados en la figura 2-4. (Garmin Ltd., 2017)

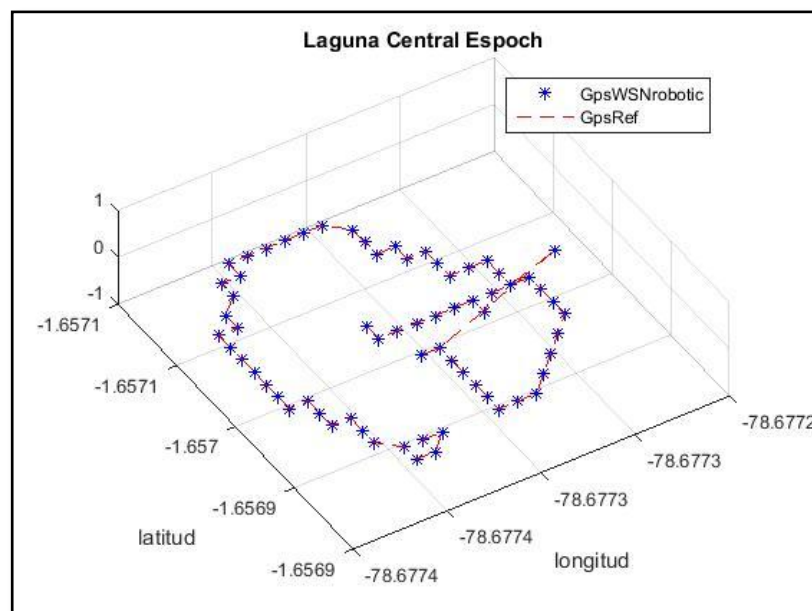


Figura 2-4 Trayectoria realizada por el NRA y el equipo comercial Oregon 550T
Realizado por: Mendoza María, 2017

Para una mejor referencia se utiliza la herramienta virtual en línea “GPS Visualizer” en la cual se puede mostrar rutas de conducción, direcciones de calles o coordenadas simples para visualizar rápidamente datos geográficos como observaciones científicas, eventos, ubicaciones; la estabilidad de las mediciones realizadas se muestra en la figura 3-4.



Figura 3-4 Representación de la trayectoria realizada con el nodo robotizado utilizando el GPS Visualizer.

Realizado por: Mendoza María, 2017

4.2.2 *Repetitividad del NRA*

4.2.2.1 *Repetitividad de los sensores de temperatura y humedad relativa ambiente, temperatura, Ph, conductividad, y turbidez del agua*

Para este análisis se tomaron 25 muestras durante un lapso de tiempo de un minuto almacenado en un archivo en el computador a través de la herramienta desarrollada en LabVIEW2015.

El análisis estadístico se realizó con la ayuda de Microsoft Excel 2013, con cual se calculó la media (\bar{x}), la desviación estándar (σ) y el coeficiente de variación ($CV = \left(\frac{\sigma}{\bar{x}} \right) * 100 \%$) como se muestra en la tabla 3-4, determinándose que el coeficiente de variación del 0% en la temperatura del agua, 0.68% en el pH del agua, 0,05% en la conductividad del agua, 0,47% en la turbidez del agua, 0.95% en la temperatura ambiente y 0.62% en la humedad relativa del ambiente, valores que exhiben poca variabilidad, determinándose la estabilidad de las mediciones realizadas con el NRA, señalado así por (Marconi L. & Adriana D'Amelio, 2017).

Tabla 3-4 Evaluación de repetitividad de las mediciones de los sensores del NRA

Nro.	Sensores de parámetros del agua				Sensores de parámetros del ambiente	
	TEMPERATUR A °C	Ph	CONDUCTIVIDAD μS/cm	TURBIDEZ NTU	TEMPERATUR A °C	HUMEDAD RELATIVA %HR
	DS18B20	Logo pH Sensor V1.1	Sensor de Conductividad	SKU: SEN0189	AM2301	AM2301
1	18	6,9	365,53	70,8	22	53
2	18	6,9	365	70,8	21	53
3	18	6,9	365	70,8	21	53
4	18	6,9	365	70,8	21	53
5	18	6,9	365	70,8	21	53
6	18	6,9	365	69,8	21	53
7	18	7	365	69,8	21	53
8	18	7	365,53	69,8	21	53
9	18	7	365	70,5	21	53
10	18	7	365	70,5	21	53
11	18	7	365	70,5	21	53
12	18	7	365	70,8	21	53
13	18	7	365	70,8	21	53
14	18	7	365	70,8	21	53
15	18	7	365	70,8	21	53
16	18	7	365	70,8	21	53
17	18	7	365	70,8	21	54
18	18	7	365	70,8	21	54
19	18	6,9	365	70,8	21	54
20	18	6,9	365	70,8	21	53
21	18	7	365	70,8	21	53
22	18	7	365	70,8	21	53
23	18	7	365	70,8	21	53
24	18	7	365,53	70,8	21	53
25	18	7	365,53	70,8	21	53
<i>Media</i>	<i>18,00</i>	<i>6,97</i>	<i>365,08</i>	<i>70,64</i>	<i>21,04</i>	<i>53,12</i>
<i>Desviación Estándar (σ)</i>	<i>0,00</i>	<i>0,05</i>	<i>0,20</i>	<i>0,33</i>	<i>0,20</i>	<i>0,33</i>
<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>0,00%</i>	<i>0,68%</i>	<i>0,05%</i>	<i>0,47%</i>	<i>0,95%</i>	<i>0,62%</i>

Fuente: Datos tomados durante las pruebas de medición.

Realizado por: Mendoza María, 2017

4.3. Caracterización de las comunicaciones del SSECAL

La caracterización de las comunicaciones en el SSECAL se realizó en dos etapas: una durante la implementación de cada módulo y la otra con el sistema en conjunto. Las pruebas diseñadas tienen el objetivo de evaluar la integridad de los datos transmitidos en las diferentes comunicaciones que se realizan.

4.3.1 Evaluación de la comunicación del NRA, en el proceso de recolección de datos por la ERT

Para la evaluación de la comunicación del NRA y la ERT se realiza dos pruebas:

Prueba 1: Se utiliza el puerto de comunicaciones y el computador para evaluar este enlace, las pruebas consistieron en observar los datos transmitidos del NRA a la ERT y constatar que no exista pérdida de información durante la recolección de datos, como se puede observar en la figura 4-4 en la cual se muestra la trama generada por el NRA y mostrada en la ERT, las mismas corroboran que no existe pérdida del enlace, ni de datos.

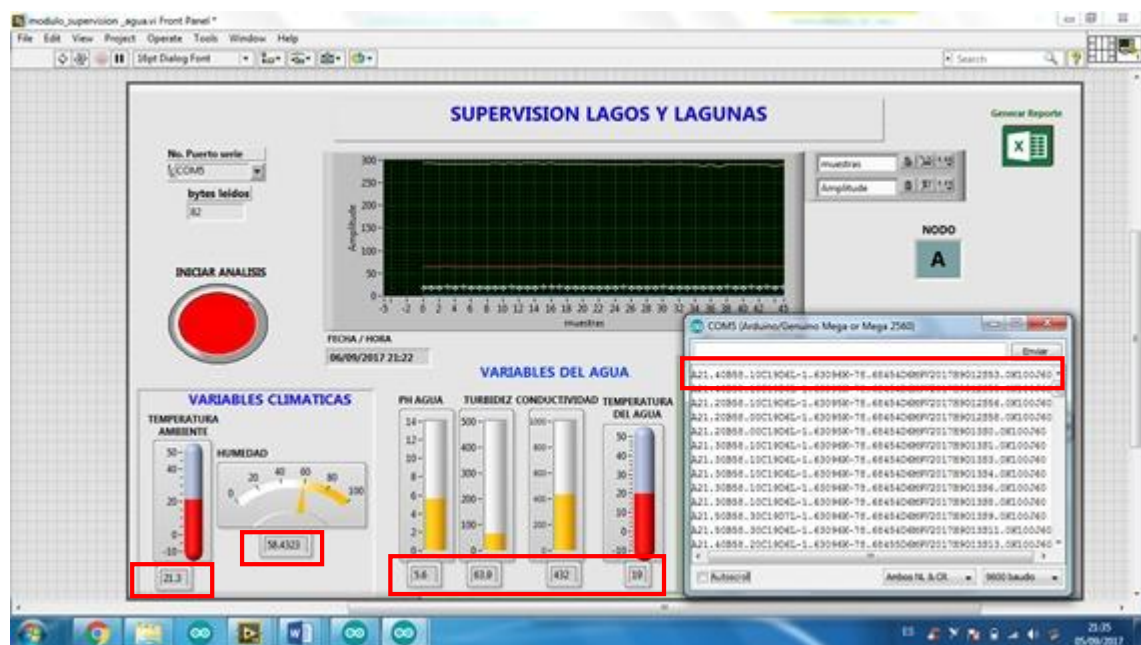


Figura 4-4 Verificación de la comunicación entre el NRA y la ERT
Realizado por: Mendoza María, 2017

Prueba 2: Consistió en determinar el alcance de la comunicación, para ello se pone en funcionamiento el NRA transportándolo cada vez más lejos de la ERT. Al finalizar la prueba se concluye que la comunicación puede alcanzar una distancia de hasta 10 km con una alimentación

de 5V, cuyo alcance ideal es de 3 km para mantener línea de vista con el NRA y controlar el mismo.

4.3.2 Evaluación de la comunicación del Módulo de Aviso

El módulo de aviso recibe dos tipos de información un SMS y la captura de video-imágenes desde el NRA, por lo que se evalúa la comunicación para la recepción de los mismos. En la figura 5-4 se puede observar el mensaje SMS enviado desde el NRA al dispositivo móvil cuando uno de los parámetros medidos se encuentra fuera del rango permisible, el mismo presenta un tiempo de respuesta de 37 segundos.

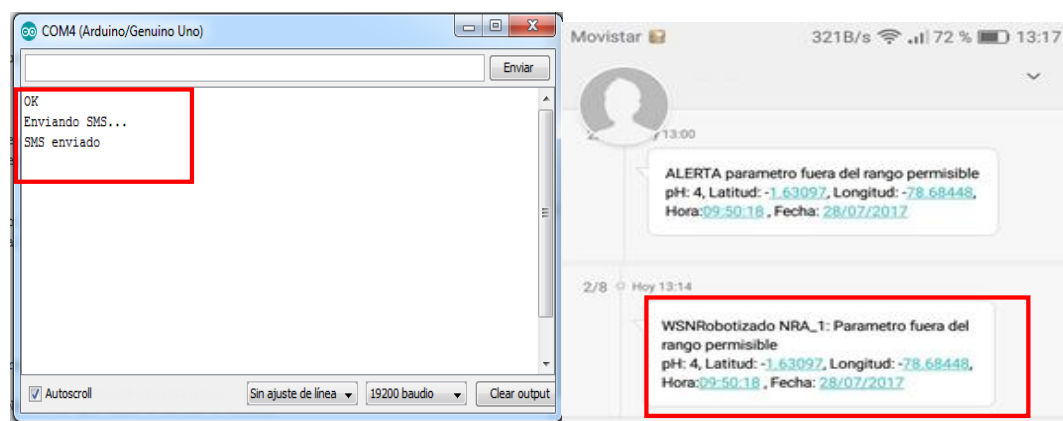


Figura 5-4 Módulo de Aviso en funcionamiento.

Realizado por: Mendoza María, 2017

La captura de las video-imágenes se evalúa con el dispositivo móvil y la cámara robotizada en enlace inalámbrico punto a punto. Para la prueba se utiliza el comando ping que permite comprobar el enlace de datos en la red del Módulo de Aviso y el NRA como se aprecia en la figura 6-4.



Figura 6-4 Comprobación del estado de enlace de red

Realizado por: Mendoza María, 2017

En la figura 7-4 se observa la APP de la cámara robotizada para la supervisión en línea del ecosistema acuático, se realizó el envío y recepción de datos de control de la cámara robotizada comprobando de esta manera el enlace de comunicación Wi-Fi y se verifica que los ángulos de supervisión pueden variar de 70° en elevación y 135° en azimuth con un alcance máximo de transmisión de datos de 30 metros, sin embargo para salvaguardar la información luego de esta distancia se procede a respaldar la misma en la memoria del dispositivo.

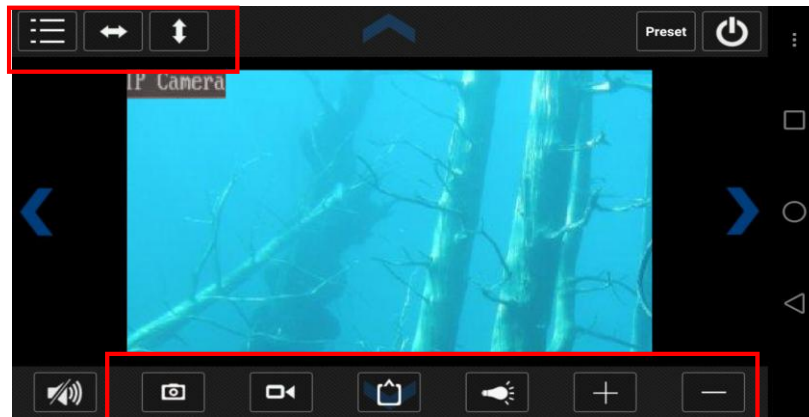


Figura 7-4 APP de la cámara robotizada.
Realizado por: Mendoza María, 2017

4.4. Funcionamiento del SSECAL

Luego de la validación del SSECAL desarrollado en este capítulo, las pruebas en conjunto verificaron que el SSECAL mantiene una adecuada comunicación de los módulos que la integran, no se genera interferencia entre ellos y se comprueba la integridad de los datos transmitidos. En la figura 8-4 se puede observar la integración de los módulos en el SSECAL.

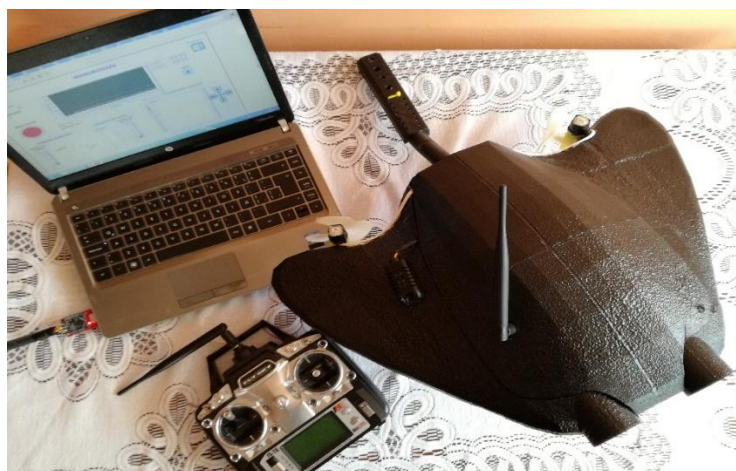


Figura 8-4 Integración *hardware* y *software* del SSECAL
Realizado por: Mendoza María, 2017

4.5. Análisis económico de la implementación del SSECAL

Se describe el análisis económico de la implementación del SSECAL desarrollado en esta investigación. En la tabla 4-4 se muestra el presupuesto detallando cada uno de los elementos que conforman los módulos del SSECAL.

Tabla 4-4 Costos de los elementos que conforman el SSECAL

Cantidad	Dispositivos	Costo Unitario	Costo Total
1	Sensor AM2301	\$10,00	\$10,00
1	Sensor DS18B20	\$6,00	\$6,00
1	Logo_Ph_Sensor_v1.1 + Sonda de pH	\$70,00	\$70,00
1	Sensor de Conductividad	\$40,00	\$40,00
1	Sensor SKU: SEN0189	\$50,00	\$50,00
1	GPS NEO 6M	\$25,00	\$25,00
1	WANSCAM HW0024 W	\$55,00	\$55,00
1	Driver dual para motores (Full-Bridge) – L298N	\$12,00	\$12,00
2	Motor motoreductores DC	\$25,00	\$50,00
2	XBee-PRO 900 OEM	\$75,00	\$150,00
1	Flysky Fs-i6	\$110,00	\$110,00
3	Antenas de alta ganancia	\$40,00	\$120,00
1	GSM/GPRS SIM 900's	\$44,00	\$44,00
1	Arduino UNO	\$18,00	\$18,00
1	Arduino Mega 2560	\$25,00	\$25,00
1	Estructura del Nodo Robotizado Impresión en 3D	\$100,00	\$100,00
	Suministros de dispositivos electrónicos	\$35,00	\$35,00
Costo Total			\$920,00

Realizado por: Mendoza María, 2017

Fuente: Mercado Libre Ecuador, 2017

Se puede apreciar tabla anterior que el costo total del SSECAL es relativamente económico \$ 920, siendo de entre este el costo más elevado los módulos XBee-Pro cuyo costo es de \$150.00 que corresponde al 16,30% del total.

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó la red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas, cuya operatividad se concibe mediante un Nodo Robotizado Acuático, la Estación Remota en Tierra y el Módulo de Aviso.
- Se utiliza comunicación inalámbrica WiFi, radiofrecuencia (RF), satelital y GSM las mismas no presentan interferencia ya que trabajan en distintas banda de frecuencias.
- Mediante el análisis de repetitividad y comparación se comprobó que el SSECAL no incorpora error adicional en las mediciones, y es capaz de medir temperatura ambiente y del agua con errores máximos de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, humedad relativa ambiente de $\pm 3\%$ HR, $\pm 0,1\text{pH}$ del agua y conductividad $\pm 1\mu\text{S/cm}$, compatibles con la exactitud de los equipos comerciales similares y ajustándose a los requerimientos de diseño previstos.
- En la validación de las comunicaciones por radio frecuencia entre los módulos del sistema se determinó que alcanza distancias de hasta 10 Km sin obstáculos, con una alimentación de 5V cuyo alcance ideal es de 3 km para mantener línea de vista con el NRA. Las pruebas realizadas con la comunicación por WiFi determinaron que se puede establecer un enlace fiable de hasta 30 m sin embargo luego de esta distancia se respalda la información en la memoria del dispositivo.
- Es un sistema escalable ya que se pueden añadir más sensores analógicos o digitales, pues se dispone de terminales libres.
- La información suministrada por el NRA se almacena en un archivo plano, el mismo se constituye como la base fundamental en la generación de reportes históricos para la toma de decisiones en pro de cuidar el ecosistema de los lagos y lagunas.

RECOMENDACIONES

- Incorporar la posibilidad de hacer *cloud computing* y permitir que los usuarios puedan interactuar con el SSECAL en cualquier parte del mundo.
- Incrementar la posibilidad de obtener muestras biológicas del ecosistema como: agua con bacterias, virus, protozoarios, algas, peces.
- Investigar como programar el nodo robotizado para que realice navegaciones pre-programadas.
- Modificar la red para que sea implementada con nodos fijos en la supervisión de sistemas de distribución del agua.

BIBLIOGRAFÍA

Borrell, G. (2007). *Introducción Informal a Matlab y Octave*. Madrid.

Aakvaag, N., & Frey, J.-E. (2006). *Redes de sensores inalámbricos Nuevas soluciones de interconexión para la automatización industrial*. Revista ABB, 39-42. Recuperado el 03 de marzo de 2017, de http://www.ie.com.co/pdf/ABB/02-2006/39-42%25202M631_SPA72dpi.pdf

Abengoa. (27 de Febrero de 2017). *Abengoa*. Obtenido de Abengoa: <http://www.laenergiadelcambio.com/como-esta-distribuida-el-agua-del-planeta>

Ecuador. Secretaría del Ambiente Alcaldía Quito. *Norma Ecuatoriana de la calidad del Aire* (10 de 09 de 2016). *quitoambiente.gob.ec*. Obtenido de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/norma-ecuatoriana-de-la-calidad-del-aire>

Zigbee Alliance, (3 de marzo de 2017). *zigbee.org*. Obtenido de ZigBee Alliance - ZigBee specification Q4/2007: www.zigbee.org/Products/DownloadZigBeeTechnicalDocuments.aspx

Ecuador. Ministerio del Ambiente (2009). *Programa Calidad del Aire Fase III*. Obtenido de Ambiente: <http://www.ambiente.gob.ec/programa-calidad-del-aire-fase-iii/>

Aosong(Guangzhou) Electronics Co. Ltd. (2015). *electronilab.co*. Obtenido de <https://electronilab.co/wp-content/uploads/2015/02/AM2301.pdf>

APHA-AWWA-WEF. (2005). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Díaz de Santos.

Arduino. (2017). *arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>

Bisang , J., Groel, N., & Pucheu , J. (20 de 05 de 2017). *Sociedad Acuarologica del Plata*. Obtenido de http://www.sadelplata.org/articulos/groel_060911.html

Castillo, R. E. (2012). *Análisis de Tecnologías WIFI y ZigBee que optimice las comunicaciones inalámbricas para el control de temperatura de un invernadero*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Custodio Ruiz, A. (18 de 09 de 2016). *Sensores Inteligentes: La Revolución de la Instrumentación*. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/9745/Article015.pdf?sequence=1>

DFRobot Electronic Product. (2017). *dfrobot.com*. Obtenido de https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Turbidity_sensor_SKU:_SEN0189

Zoom Informática Domótica & High-Tech. *zoominformatica.com*. Obtenido de 2017: <https://www.zoominformatica.com/HW0024%20B.html>

Belmonte, E., Bermúdez, J., Casino, A., Veres, E. (2003). *Un indicador global para la calidad del agua. (8-11)*. 27 Congreso nacional de estadística e investigación operativa.

Electronilab. (2017). *electronilab.co*. Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/driver-dual-para-motores-full-bridge-l298n/>

Escobar, S. (2010). *Wireless sensor networks: fundamentos, estado del arte y desafíos*. Obtenido de <https://albinogoncalves.files.wordpress.com/2011/03/redes-de-sensores-inalamic3a1mbricos-wsn-soledad-escobar-diaz.pdf>

Espinoza Molina, A. (Octubre de 2011). *Diseño de un sistema de monitoreo de información geográfica para la Red de Monitoreo Ambiental de la ciudad de Cuenca*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.

Ecuador. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ETAPA EP. (2017). *etapa.net.ec*. Obtenido de <http://www.etapa.net.ec/Productos-y-servicios/Gesti%C3%B3n-ambiental/Monitoreo-y-Vigilancia-de-Recursos-H%C3%ADricos-y-Clima/Monitoreo-de-la-Integridad-Ecol%C3%B3gica-de-R%C3%ADos>

Export department of Aosong Electronics Co. Ltda. (01 de 09 de 2016). *aosong*. Obtenido de <http://www.aosong.com/en/home/index.asp>

Fernández, D. (2015). Recuperado el 27 de Abril de 2016, de Instructables: Disponible en: <http://www.instructables.com/id/Modulos-RF433-Mhz-con-Arduino/>

Galindo, D. L., & Sánchez, C. P. (2015). *Redes de sensores inalámbricos para monitoreo de parámetros hidrológicos aplicado en lagunas, estanques y plantas de tratamiento de agua*. Cuenca, Azuay: Universidad del Azuay.

Garmin Ltd. (2017). *static.garmin.com*. Obtenido de http://static.garmin.com/pumac/Oregon_x50_Series_OM_ES.pdf

GE Power Water Technologies & Solutions (2017). *gewater.mx*. Obtenido de <https://www.gewater.mx/applications/water-quality-monitoring>

GEEETECH Arduino GPRS (Julio de 2014). *geeetech.com*. Obtenido de http://www.geeetech.com/wiki/index.php/Arduino_GPRS_Shield

Gertz, E., & Di Justo, P. (2012). *Environmental Monitoring with Arduino: Building Simple Devices to Collect Data About the World Around Us*. Beijing: O'Reilly Media.

GNU Free Documentation License 1.3, M. (Junio de 2017). *dfrobot.com*. Obtenido de [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_SEN0161\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161))

Gobierno de los Estados Unidos. (03 de marzo de 2017). *GPS.GOV*. Obtenido de Sistema de Posicionamiento Global Al servicio del Mundo: <http://www.gps.gov/spanish.php>

Grosjean, E., Grosjean, D., & Rasmussen, R. (1998). *Ambient concentration, sources emission rates, and photochemical reactivity of C2-C10 hydrocarbons in Porto Alegre, Brazil*. Brazil: Environ. Sci. Technology.

GSMA Association. (2017). *gsma.com*. Obtenido de <https://www.gsma.com/aboutus/gsm-technology/gsm>

Guerra Salazar, J. (2015). *Diseño e implementación de un sistema inalámbrico para el monitoreo en línea del microclima de invernaderos artesanales*. (Tesis). (Maestría). La Habana, Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Centro de Investigaciones en Microclima.

HeTPro. (2017). *hetpro-store.com*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/motorreductor-plastico-100rpm-4.5kg/>

Hill, J. L. (2003). *System Architecture for Wireless Sensor Networks*. California: University of California.

IEEE. (2009). IEEE Standard for Information technology. Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements. *Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC)*. IEEE Standard for Information technology.

Lagos: Guía de ayuda. (25 de 04 de 2017). *importancia.org*. Obtenido de <https://www.importancia.org/lagos.php>

Impresoras3d.com. (2017). *Impresoras 3D*. Obtenido de <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/122774855-filamento-pla-consejos-caracteristicas-y-mucho-mas>

Thermo Fisher Scientific Inc. (01 de 09 de 2016). *thermofisher*. Obtenido de <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/43I>

Teledyne Advanced Pollution Instrumentation. (01 de 09 de 2016). *teledyne-api*. Obtenido de <http://www.teledyne-api.com/products/T400.asp>

Intel® Quark™ Processors. (2017). *software.intel.com*. Obtenido de <https://software.intel.com/en-us/iot/hardware/galileo>

Digi International Inc. (12 de 09 de 2008). *sparkfun*. Obtenido de <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-900-Manual.pdf>

Joel Santamaría, D. L. (27 de Febrero de 2017). *Noticias UNAM - Marzo 2015 II RAUNAM*. Obtenido de http://www.agua.unam.mx/noticias/2015/unam/not_unam_marzo22.html

Kharsansky, A. (11/05/2016 de 2013). <http://laboratorios.fi.uba.ar>. Obtenido de <http://laboratorios.fi.uba.ar/lse/tesis/LSE-FIUBA-Tesis-Grado-Alan-Kharsansky-2013-Presentacion.pdf>

LabSen, C. D. (Junio de 2017). *investigación.frn.etn.edu.ar*. Obtenido de <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Tutorial/TECNO7.pdf>

Law Enforcement Compliance Guide. (2017). *es.aliexpress.com*. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/Liquid-PH-Value-Detection-detect-Sensor-Module-Monitoring-Control-For-arduino-BNC-Electrode-Probe/32785626889.html?spm=a219c.search0306.4.2.LwTtGt>

Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L. (2017). *libelium.com*. Obtenido de <http://www.libelium.com/products/waspmote/hardware/>

Marconi L. & Adriana D'Amelio. (2017). Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de Medidas de Tendencia Central y de Variabilidad: <http://www.deie.mendoza.gov.ar/aem/material/teoria/MEDIDAS%20DE%20TENDENCIA%20CENTRAL%20Y%20DE%20VARIABILIDAD.pdf>

Marconi Liliana, Adriana D'Amelio. (2017). *deie.mendoza.gov.ar*. Obtenido de <http://www.deie.mendoza.gov.ar/aem/material/teoria/MEDIDAS%20DE%20TENDENCIA%20CENTRAL%20Y%20DE%20VARIABILIDAD.pdf>

Maxim Integrated Products, I. (2015). *maximintegrated.com*. Obtenido de <https://www.sparkfun.com/products/245>

MCI Instruments. (01 de 09 de 2016). <http://xbee.cl/>. Obtenido de <http://xbee.cl/xbee-pro-900-xsc-rpsma/>

MECHATRONICS, n. (2017). *naylampmechatronics.com*. Obtenido de http://www.naylampmechatronics.com/blog/18_Tutorial-M%C3%B3dulo-GPS-con-Arduino.html

METRICS-Digital Meters. (2015). *meterics.com*. Obtenido de <http://meterics.com/product/generic-digital-ec-tds-meter/>

Mettler-Toledo Intl. Inc. (2017). *mt.com*. Obtenido de http://www.mt.com/int/es/home/products/Laboratory_Analytics_Browse/pH/benchtop_meter/SevenExcellence.html

Ecuador. Ministerio del Ambiente. (2015). *Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua*. En M. d. Ambiente, *Ministerio del Ambiente*. Ecuador: eSilec.

Modeltronic.es. (2017). *www.modeltronic.es*. Obtenido de http://www.modeltronic.es/download/FS-T6=fs-i6_ESP.pdf

National Instruments Corporation. (2017). *National Instruments*. Obtenido de <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>

Newark. (2017). *Newark, "Amphenol advanced sensors, Tsd-10 turbidity sensor, 5vdc, phototransistor*. Obtenido de <http://www.newark.com/amphenoladvanced-sensors/tsd-10/turbidity-sensor-5vdc-phototransistor/dp/18X9859>

Noboa, A. B. (2015). *Agua-Saneamiento-Asentamientos Humanos*. Ministerio del Ambiente, Planificación del Ministerio del Ambiente, Quito.

Organización Mundial de la Salud. (18 de 07 de 2017). *Organizacion mundial de la salud*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr67/es/index1.html>

Ordieres, J., Martínez de Pisón Ascacibar, F. J., & Pernía Espinoza, A. V. (Enero de 2009). *Redes Inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica*. España: Universidad de la Rioja. Servicio de Publicaciones.

O'REILLY, R. F. (2010). *Building Wireless Sensor Networks*. California, Estados Unidos: O'Reilly Media, Inc.

Pérez, J., Urdaneta, E., & Custodio, Â. (2014). Metodología de una red de sensores inalámbricos. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 1-5.

Pico Valencia, P. (2016). *Infraestructura polivalente basada en sensores inalámbricos aplicada a la monitorización medioambiental georreferenciada*. Obtenido de http://acceda.ulpgc.es/bitstream/10553/7560/5/TFM_Pablo_Pico_2012.pdf.

Pineda, J. (2012). *Todo Sobre el Medio Ambiente*. Obtenido de <http://todosobreelmedioambiente.jimdo.com>

Pololu Corporation. (2017). *www.pololu.com*. Obtenido de <https://www.pololu.com/product/713>

Raspberry Pi Foundation. (2017). *raspberrypi.org*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/learning/hardware-guide/>

Ribas Lequerica, J. (2013). *Desarrollo de aplicaciones para Android*. Anaya Multimedia-Anaya Interactiva.

Rius Diaz, F., & Wärnberg Wärnberg, J. (2014). *Bioestadística*. España: Ediciones Paraninfo, S.A.

Román Herrera, C., Loza Matovelle, D., Segura, L., & Dabiríán, R. (2016). Construcción con Tecnología abierta de un Sensor de Turbidez de Bajo Costo. *ITECKNE*, 17-22.

Roselló, V. (2000). *Modelo para simulación de redes de sensores inalámbricas predespliegue basado en Visualsense*. Madrid-España: Proyecto de fin de Máster, Universidad Politécnica de Madrid.

Scientific, O. (21 de 09 de 2016). *Electronic Thermo-Hygrometer*. Obtenido de distec1.be: <http://www.distec1.be/gs/handler/getmedia.ashx?moid=814&dt=3&g=1>

Ecuador. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013 - 2017*. Quito, Ecuador: Senplades.

ShareAlike, C. C. (01 de 09 de 2016). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>

SONIC, L. (2017). *lgsonic.com*. Obtenido de <https://www.lgsonic.com/es/software-de-monitoreo-de-la-calidad-del-agua-en-tiempo-real/>

Technology StarTech.com. (2017). *startech.com*. Obtenido de <https://www.startech.com/es/Industriales-ES/Inalambricos/Adaptador-PCI-inalambrico-Wireless-N~PCI150WN1X1>

STOCKER, H. (1981). *Química Ambiental. Contaminación del Aire y Agua*. Barcelona: Blume. Recuperado el 2016

Systems, R. (21 de 09 de 2016). *QRAE II*. Obtenido de <http://www.raesystems.es/products/qrae-ii-pump>

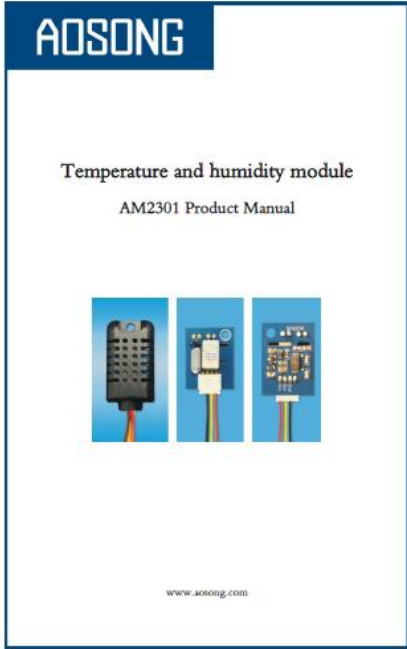
TECNO INFE. (2017). *tecnoinfo.com*. Obtenido de <http://www.tecnoinfo.com/2014/09/arduino.html>

Tecnun. (2017). *www4.trcnun.es*. Obtenido de Ciencias de la tierra y del medio ambiente: <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/130RioLa.htm>

TELEDPRES. (16 de 04 de 2008). *Diario Opinión*. Obtenido de <http://www.diariopinion.com/nacional/verArticulo.php?id=39490>

UNESCO, (. N. (2003). *Water For People, Water For Life. Executive Summary of the UN World Water Development Report*. Paris: © UNESCO/Mundi-Prensa.

Anexo A: Hojas Técnicas de los dispositivos que conforman la red inalámbrica de sensores inteligentes, con nodos robotizados para la supervisión en línea del ecosistema y contaminación del agua presente en lagos y lagunas.




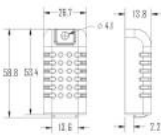
Temperature and humidity module
AM2301 Product Manual

www.aosong.com

AOSONG Temp., Humidity & Dew point measurement experts

1. Product Overview

AM2301 capacitive humidity sensing digital temperature and humidity module is the one that contains the compound has been calibrated digital signal output of the temperature and humidity sensor. Application of a dedicated digital module collection technology and the temperature and humidity sensing technology, to ensure that the product has high reliability and excellent long-term stability. The sensor includes a capacitive sensor wet components and a high-precision temperature measurement device, and connected with a high-performance 8-bit microcontroller. The product has excellent quality, fast response, strong anti-jamming capability, and high cost. Each sensor is extremely accurate humidity calibration chamber calibration. The form of procedures, the calibration coefficients stored in the microcontroller, the sensor within the processing of the headset to call these calibration coefficients. Standard single-bus interface, system integration quick and easy. Small size, low power consumption, signal transmission distance up to 20 meters, making it the best choice of all kinds of applications and even the most demanding applications. Products for the 3-lead (single-bus interface) connection convenience. Special packages according to user needs.

Physical map Dimensions (unit: mm)

2. Applications

HVAC, dehumidifier, testing and inspection equipment, consumer goods, automotive, automatic control, data loggers, home appliances, humidity regulator, medical, weather stations, and other humidity measurement and control and so on.

3. Features

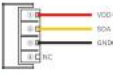
Ultra-low power, the transmission distance, fully automated calibration, the use of capacitive humidity sensor, completely interchangeable, standard digital single-bus output, excellent long-term stability, high accuracy temperature measurement devices.

4. The definition of single-bus interface

4.1 AM2301 Pin assignments

Table 1: AM2301 Pin assignments

Pin	Color	Name	Description
1	Red	VDD	Power (3.3V~5.2V)
2	Yellow	SDA	Serial data, 1-wire
3	Black	GND	Ground
4	NC	Empty	



PIC1: AM2301 Pin Assignment

Aosong(Guangzhou) Electronics Co., Ltd. TEL: 020-36041829 / 36188552 www.aosong.com
- 1 -

AOSONG Temp., Humidity & Dew point measurement experts

4.2 Power supply pin (VDD GND)

AM2301 supply voltage range: 3.3V ~ 5.2V, recommended supply voltage is 5V.

4.3 Serial data (SDA)

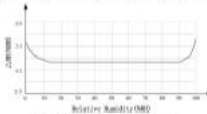
SDA pin is in structure for reading, writing sensor data. Specific communication timing, see the detailed description of the communication protocol.

5. Sensor performance

5.1 Relative humidity

Table 2: AM2301 Relative humidity performance table

Parameter	Condition	min	typ	max	Unit
Resolution		0.1			%RH
Range		0	99.9		%RH
Accuracy ⁽¹⁾	25°C	±0.3			%RH
Repeatability		±1.1			%RH
Exchange	Completely interchangeable				
Response ⁽²⁾	1/(60S)	<6			S
Stability		±0.3			%RH
Drift ⁽³⁾	Typical	<0.5			%RH/yr

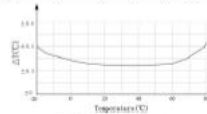


Pic2: 25°C The error of relative humidity

5.2 Temperature

Table 3: AM2301 Relative temperature performance

Parameter	Condition	min	typ	max	Unit
Resolution		0.1			°C
Range		-56			°C
Accuracy		±0.3			°C
Repeatability		±0.2			°C
Exchange	Completely interchangeable				
Response ⁽²⁾	1/(60S)	<10			S
Drift ⁽³⁾		±0.3			°C/yr



Pic3: The maximum temperature error

6. Electrical Characteristics

Electrical characteristics, such as energy consumption, high, low, input, output voltage, depending on the power supply. Table 4 details the electrical characteristics of the AM2301, if not identified, said supply voltage of 5V. To get the best results with the sensor, please design strictly in accordance with the conditions of design in Table 4.

AOSONG Temp., Humidity & Dew point measurement experts

Table 4: AM2301 DC Characteristics

Parameter	Condition	min	typ	max	Unit
Voltage		3.3	5	5.2	V
Power consumption ⁽⁴⁾	Distance	10	21		mA
	Measuring	500			mA
	Average	300			mA
Low level output voltage	I _{OL} ⁽⁵⁾	0		300	mV
High output voltage	R _P <25 kΩ	90%		100%	VDD
Low input voltage	Decline	0		30%	VDD
Input High Voltage	R _{in}	95%		100%	VDD
I _{OL} ⁽⁵⁾	VDD = 5V VIN = VSS	30	45	60	mA
Output current	turn on	8			mA
	turn off	10	20		mA
Sampling period		2			S

(1) The accuracy of the factory inspection, the sensor 25 ° C and 5V, the accuracy specification of test conditions, it does not include hysteresis and non-linearity, and is only suitable for non-condensing measurement.

(2) To achieve an order of 95% of the time required under the conditions of 25 ° C and 5m / s airflow.

(3) In the volatile output corresponds, the value may be higher. See the manual application to more information.

(4) This value at VDD = 5.0V when the temperature is 25 ° C, 25 / s rate, under the conditions of the average.

(5) Low output current.

(6) That the pull-up resistor.

7. Single-bus communication (ONE-WIRE)

7.1 Typical circuit for single bus

Microprocessor and AM2301 connection typical application circuit is shown in Figure 4. Single bus communication mode, pull the SDA microprocessor I / O port is connected.

Special instructions of the single-bus communication:

- Typical application circuit recommended in the short cable length of 30 meters on the 5.1K pull-up resistor pull-up resistor according to the actual situation of lower than 30m.
- With 3.3V supply voltage, cable length shall not be greater than 100cm. Otherwise, the line voltage drop will lead to the sensor power supply, resulting in measurement error.
- Read the sensor minimum time interval for the 25s, read interval is less than 25s, may cause the temperature and humidity are not allowed or communication is unsuccessful, etc.
- Temperature and humidity values are each read out the results of the last measurement For real-time data that need continuous read twice, we recommend repeatedly to read sensors, and each read sensor interval is greater than 2 seconds to obtain accurate data.

DS18B20

Programmable Resolution
1-Wire Digital Thermometer

General Description

The DS18B20 digital thermometer provides 9-bit to 12-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile, user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasitic power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

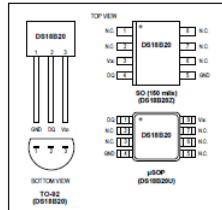
Applications

- Thermostatic Controls
- Industrial Systems
- Consumer Products
- Thermometers
- Thermally Sensitive Systems

Benefits and Features

- Unique 1-Wire® Interface Requires Only One Pin for Communication
- Reduce Component Count with Integrated Temperature Sensor and EEPROM
- Measures Temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F to $+257^{\circ}\text{F}$)
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ Accuracy from -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$
- Programmable Resolution from 9 Bits to 12 Bits
- No External Components Required
- Parasitic Power Mode Requires Only 2 Pins for Operation (DQ and GND)
- Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications with Multisensor Capability
- Each Device Has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in On-Board ROM
- Flexible User-Definable Nonvolatile (NVR) Alarm Settings with Alarm Search Command Identifies Devices with Temperatures Outside Programmed Limits
- Available in 8-Pin DQ (150 mils), 8-Pin µPQOP, and 3-Pin TO-52 Packages

Pin Configurations



Ordering Information appears at end of data sheet.

1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

19-7487 Rev. 4.1/15



DS18B20

Programmable Resolution
1-Wire Digital Thermometer

Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground: -0.5V to $+6.0\text{V}$ Storage Temperature Range: -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$
Operating Temperature Range: -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ Solder Temperature: Refer to the PQJESD-7 J-STD-020 Specification.

These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operating section of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum ratings conditions for extended periods of time may affect reliability.

DC Electrical Characteristics

(-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 3.0\text{V}$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{DD}	Local power (Note 1)	+3.0	+5.5		V
Pullup Supply Voltage	V_{PU}	Parasitic power (Notes 1, 2)	+3.0	V_{DD}		V
Thermometer Error	t_{ERR}	-10°C to $+85^{\circ}\text{C}$ (Note 3)		± 0.5		$^{\circ}\text{C}$
Input Logic Low	V_L	Local power (Notes 1, 4, 5)	-0.3	+0.8		V
Input Logic High	V_H	Parasitic power (Notes 1, 6)	+2.2	The lower of 5.5 or $V_{DD} + 0.3$		V
Standby Current	I_{DD}	$V_{DD} = 0.4\text{V}$ (Notes 7, 8)		750	1000	nA
Active Current	I_{DD}	$V_{DD} = 5\text{V}$ (Notes 9)		1	1.5	mA
DQ Input Current	I_{DQ}	(Note 10)		5		µA
DIV		(Note 11)		± 0.2		$^{\circ}\text{C}$

Note 1: All voltages are referenced to ground.

Note 2: The Pullup Supply Voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to V_{PU} . In order to meet the V_H spec of the DS18B20, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on; thus, $V_{PU_ACTUAL} = V_{PU_IDEAL} + V_{transistor}$.

Note 3: See typical performance curve in Figure 1.

Note 4: Logic-low voltages are specified at a sink current of 4mA.

Note 5: To guarantee a presence pulse under low voltage parasitic power conditions, V_{L_MAX} may have to be reduced to as low as 0.5V.

Note 6: Logic-high voltages are specified at a source current of 1mA.

Note 7: Standby current specified up to $+70^{\circ}\text{C}$. Standby current typically is 3µA at $+125^{\circ}\text{C}$.

Note 8: To minimize I_{DD} , DQ should be within the following ranges: $GND \leq DQ \leq GND + 0.3\text{V}$ or $V_{DD} - 0.3\text{V} \leq DQ \leq V_{DD}$.

Note 9: Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.

Note 10: DQ line is high (High-Z) state.

Note 11: DIV data is based on a 1000-hour stress test at $+125^{\circ}\text{C}$ with $V_{DD} = 5.5\text{V}$.

www.maximintegrated.com

Maxim Integrated | 2

DS18B20

Programmable Resolution
1-Wire Digital Thermometer

AC Electrical Characteristics—NV Memory

(-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 3.0\text{V}$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
1-Wire Write Cycle Time	t_{WRT}			2	10	ms
EEPROM Write	t_{WRT}	-55°C to $+55^{\circ}\text{C}$		50k		bytes
EEPROM Data Retention	t_{RETR}	-55°C to $+85^{\circ}\text{C}$		10		years

AC Electrical Characteristics

(-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 3.0\text{V}$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Conversion Time	t_{CONV}	9-bit resolution			93.75	ms
		10-bit resolution			187.5	
		11-bit resolution			375	
		12-bit resolution			750	
Time to Strong Pullup On	t_{SPLO}	Start convert T command issued			10	µs
Time Slot	t_{LSLOT}	(Note 12)	80		120	µs
Recovery Time	t_{REC}	(Note 12)		1		µs
Write 0 Low Time	t_{LOW0}	(Note 12)	80		120	µs
Write 1 Low Time	t_{LOW1}	(Note 12)	1		15	µs
Read Data Valid	t_{RDV}	(Note 12)			15	µs
Reset Time High	t_{RSTH}	(Note 12)	480			µs
Reset Time Low	t_{RSTL}	(Notes 12, 13)	480			µs
Presence-Detect High	t_{PDHGH}	(Note 12)	15		80	µs
Presence-Detect Low	t_{PDLOW}	(Note 12)	80		240	µs
Capacitance	C_{DOUT}			25		pF

Note 12: See the timing diagrams in Figure 2.

Note 13: Under parasitic power, if $t_{RSTL} > 500\mu\text{s}$, a power-on reset can occur.

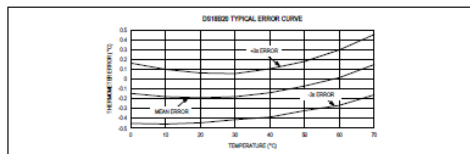


Figure 1. Typical Performance Curve

www.maximintegrated.com

Maxim Integrated | 3

DS18B20

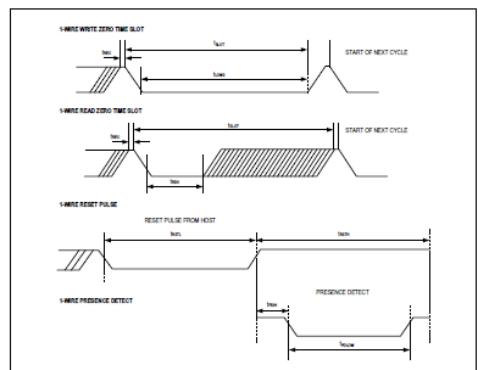
Programmable Resolution
1-Wire Digital Thermometer

Figure 2. Timing Diagrams

Pin Description

80	µPQOP	TO-42	NAME	FUNCTION
1, 2, 6, 7, 8	—	—	N.C.	No Connection
3	8	3	V_{DD}	Optional V_{DD} . V_{DD} must be grounded for operation in parasitic power mode.
4	1	2	DQ	Data Input/Output. Open-drain 1-Wire interface pin. Also provides power to the device when used in parasitic power mode (see the Powering the DS18B20 section.)
5	4	1	GND	Ground

www.maximintegrated.com

Maxim Integrated | 4

PH meter(SKU: SEN0161)

Contents

- 1 Introduction
- 2 Application
- 3 Description
- 4 pH Electrode Size
- 5 Use the pH Meter
- 6 pH Electrode Characteristics
- 7 Connecting Diagram
- 8 Step to Use the pH Meter
- 9 Sample Code
- 10 Precautions
- 11 Documents

Introduction

Need to measure water quality and other parameters but haven't got any low cost pH meter? That's difficult to use with Arduino (<https://www.dfrobot.com/category-104.htm>)? Here comes an analog pH meter, specially designed for Arduino controllers (<https://www.dfrobot.com/category-104.htm>) and has built-in simple, convenient and practical connection and features. It has an LCD which works as the Power Indicator, a BNC connector and PH2.0 sensor interface. To use it, just connect the pH meter with BNC connector, and plug the PH2.0 interface into the analog input port of any Arduino controller (<https://www.dfrobot.com/category-104.htm>). If you are guaranteed, you will get the pH value easily. Comes in compact plastic box with frame for better mobile storage.

Attention: In order to ensure the accuracy of the pH probe, you need to use the standard solution to calibrate it regularly. Generally, the period is about half a year. If you measure the dirty aqueous solution, you need to increase the frequency of calibration.

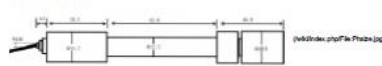
Applications

- Water quality testing
- Aquaculture

Specification

- Module Power: 5.00V
- Module Size: 40mmx30mm
- Measuring Range: 0~14PH
- Measuring Temperature: 0~60 °C
- Accuracy: ±0.1pH (25 °C)
- Response Time: 4~10s
- pH Sensor with BNC Connector
- PH2.0 Interface (3 hole pins)
- Gain Adjustment Potentiometer
- Power Indicator LED
- Cable Length from sensor to BNC connector: 1000mm

pH Electrode Size



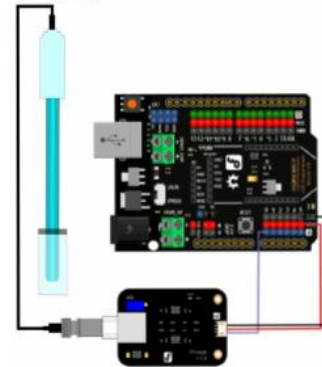
pH Electrode Characteristics

The output of pH electrode is Millivolt and the pH value of the relationship is shown as follows (25 °C):

PH	Output	PH	Output	PH	Output
4.00	100.0	6.00	10.0	8.00	-10.0
4.50	90.0	6.50	0.0	8.50	-20.0
5.00	80.0	7.00	-10.0	9.00	-30.0
5.50	70.0	7.50	-20.0	9.50	-40.0
6.00	60.0	8.00	-30.0	10.00	-50.0
6.50	50.0	8.50	-40.0		
7.00	40.0	9.00	-50.0		
7.50	30.0	9.50	-60.0		
8.00	20.0	10.00	-70.0		
8.50	10.0				
9.00	0.0				
9.50	-10.0				
10.00	-20.0				

Use the pH Meter

Connecting Diagram



(pH meter connection)

Step to Use the pH Meter

Caution:

- Please use an external switching power supply and the voltage as close as possible to the 5.00V. More accurate the voltage, more higher the accuracy.
- Before the electrode in continuous use every time you need to calibrate it by the standard solution in order to obtain more accurate results. The best environment temperature is about 25 °C and the pH value is known and reliable close to the measured value. If you measure the acidic sample, the pH value of the standard solution should be 4.00. If you measure the alkaline sample, the pH value of the standard solution should be 9.18. Subsequent calibration, each time you get a better accuracy.
- Before the pH electrode measured different solutions, we need to use water to wash it. We recommend using deionized water.

- Connect equipment according to the graphic, that is, the pH electrode is connected to the BNC connector on the pH meter board, and then use the connection line the pH meter board is connected to the analog port 0 of the Arduino controller (<https://www.dfrobot.com/category-104.htm>). When the Arduino controller gets power you will see the blue LED on board is on.
- Upload the sample code to the Arduino controller.
- Put the pH electrode into the standard solution whose pH value is 7.00, or directly shorted the input of the BNC connector. Open the serial monitor of the Arduino IDE you can see the pH value printed on the serial monitor. If the pH value is not around 7.00, you need to adjust the gain potentiometer. The difference should be changed into the "Offset" in the sample code. For example, the pH value printed is 6.80, so the difference is 0.20. You should change the "Offset" Offset: 0.20 into "Offset: 0.20" in your program.
- Put the pH electrode into the pH standard solution whose value is 4.00. Then wait about one minute adjust the gain potentiometer, let the value stabilize at around 4.00 and then the acidic calibration has been completed and you can measure the pH value of an acidic solution.
- Next if you want to measure the pH value of other solutions you must wash the pH electrode first.
- According to the linear characteristic of pH electrode itself, after the above calibration you can directly measure the pH value of the alkaline solution, but if you need to get better accuracy, you can measure 9.18. Alkaline calibration use the standard solution whose pH value is 9.18. Also, adjust the gain potentiometer, let the value stabilize at around 9.18. After the calibration, you can measure the pH value of the alkaline solution.

PH composite electrode manual

A. Purpose

The electrode is made of PH glass electrode and a silver/silver chloride reference electrode composition, the PH measuring elements which is used to measure water solution PH value.

B. Type and main technical parameters

Electrode Type	Range	Temperature	Zero point	Accuracy	PTS	Response time	Internal resistance	Repeat ability	Noise
PH-1	0~14	0~60	7.0±0.1	±0.1	±0.1	<10s	<10 ¹⁰ Ω	<0.5%	<1mV
PH-2	0~14	0~60	7.0±0.1	±0.1	±0.1	<10s	<10 ¹⁰ Ω	<0.5%	<1mV
PH-3	0~14	0~60	7.0±0.1	±0.1	±0.1	<10s	<10 ¹⁰ Ω	<0.5%	<1mV
PH-4	0~14	0~60	7.0±0.1	±0.1	±0.1	<10s	<10 ¹⁰ Ω	<0.5%	<1mV
PH-5	0~14	0~60	7.0±0.1	±0.1	±0.1	<10s	<10 ¹⁰ Ω	<0.5%	<1mV
PH-6	0~14	0~60	7.0±0.1	±0.1	±0.1	<10s	<10 ¹⁰ Ω	<0.5%	<1mV
PH-7	0~14	0~60	7.0±0.1	±0.1	±0.1	<10s	<10 ¹⁰ Ω	<0.5%	<1mV
PH-8	0~14	0~60	7.0±0.1	±0.1	±0.1	<10s	<10 ¹⁰ Ω	<0.5%	<1mV
PH-9	0~14	0~60	7.0±0.1	±0.1	±0.1	<10s	<10 ¹⁰ Ω	<0.5%	<1mV
PH-10	0~14	0~60	7.0±0.1	±0.1	±0.1	<10s	<10 ¹⁰ Ω	<0.5%	<1mV

C. Precautions

- The electrode used for the first or long set without re-use, the electrode bulb and the sand core, immersed in the 3N KCl solution activated eight hours.
- The electrode plug should be kept clean and dry.
- The electrode reference solution is the 3N KCl solution.
- Measurement should be avoided staggered pollution between solutions, so as not to affect the accuracy of measurement.
- Electrode bulb or sand core is defiled which will make PTS decline, slow response. So, it should be based on the characteristics of the pollutant, adapted to the cleaning solution, the electrode performance recovery.
- The electrode should not be long-term immersed in acid chloride solution.
- Electrode when in use, the ceramic sand core and liquid outlet rubber ring should be removed, in order to make salt bridge solution to maintain a certain velocity.

Precautions

- The electrode used for the first or long set without re-use, the electrode bulb and the sand core, immersed in the 3N KCl solution activated eight hours.
- The electrode plug should be kept clean and dry.
- The electrode reference solution is the 3N KCl solution.
- Measurement should be avoided staggered pollution between solutions, so as not to affect the accuracy of measurement.
- Electrode bulb or sand core is defiled which will make PTS decline, slow response. So, it should be based on the characteristics of the pollutant, adapted to the cleaning solution, the electrode performance recovery.
- The electrode should not be long-term immersed in acid chloride solution.
- Electrode when in use, the ceramic sand core and liquid outlet rubber ring should be removed, in order to make salt bridge solution to maintain a certain velocity.

Documents

Software: (<https://www.dfrobot.com/category-104.htm>)
PCB Design layout: (<https://www.dfrobot.com/category-104.htm>)
pH Electrode Manual: (<https://www.dfrobot.com/category-104.htm>)
Arduino Sample Code: (<https://www.dfrobot.com/category-104.htm>)
Type For All Above: (<https://www.dfrobot.com/category-104.htm>)

Category: (<https://www.dfrobot.com/category-104.htm>)

Category: (<https://www.dfrobot.com/category-104.htm>)

This page was last modified on 17 June 2017, at 08:08.

Content is available under GNU Free Documentation License 1.3 or later (<https://www.gnu.org/licenses/fdl.html>).

<https://www.gnu.org/licenses/fdl.html>

<https://www.gnu.org/licenses/fdl.html>

Turbidity sensor SKU: SEN0189

Contents

- 1 Introduction
- 2 Specification
- 3 Connection Diagram
- 4 Examples
- 5 FAQ
- 6 More

Introduction

The gravity analog turbidity sensor (<https://www.dfrobot.com/product-1364.html>) detects water quality by measuring the level of turbidity. It uses light to detect suspended particles in water by measuring the light transmittance and scattering rate, which changes with the amount of total suspended solids (TSS) in water. As the TSS increases, the liquid turbidity level increases. Turbidity sensors are used to measure water quality in rivers and streams, wastewater and effluent measurements, control instrumentation for settling ponds, sediment transport research and laboratory measurements. This liquid sensor (<https://www.dfrobot.com/category-69.html>) provides analog and digital signal output modes. The threshold is adjustable when in digital signal mode. You can select the mode according to your MCU.



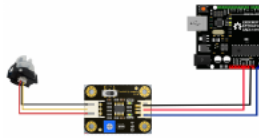
(<https://www.dfrobot.com/product-1364.html>) Gravity Analog Turbidity Sensor For Arduino (<https://www.dfrobot.com/product-1364.html>)

⚠️ ([wiki/index.php/File:Warning_yellow.png](#)) Note: The top of probe is not waterproof.

Specification

- Operating Voltage: 5V DC
- Operating Current: <60mA (MAX)
- Response Time: <500ms
- Insulation Resistance: >50M (ohm)
- Output Method:
 - Analog output: 0-4.5V
 - Digital Output: High/Low level signal (you can adjust the threshold value by adjusting the potentiometer)
- Operating Temperature: 0°C-40°C
- Storage Temperature: -10°C-40°C
- Weight: 31g
- Adapter Dimensions: 38mm*28mm*15mm; 5.08mm*1.18inch*0.58inch

Connection Diagram



([wiki/index.php/File:SEN0189_connection.png](#))

Interface Description:

1. "DIN" Output Signal Switch
1. "H" Analog Signal Output, the output value will decrease when in liquids with a high turbidity
2. "D" Digital Signal Output, high and low levels, which can be adjusted by the threshold potentiometer
2. Threshold Potentiometer: you can change the trigger condition by adjusting the threshold potentiometer in digital signal mode.

Examples

Here are two examples:

Example 1 uses Analog output mode

Example 2 uses Digital output mode

https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Turbidity_sensor_SKU_SEN0189

1/3

Example 1

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); // baud rate: 9600
}

void loop() {
  int sensorValue = analogRead(A0); // read the input on analog pin 0
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.5); // convert the analog reading (which gives from 0 - 1023) to a voltage (0 - 5V)
  Serial.println(voltage); // print out the value you read:
  delay(1000);
}
```

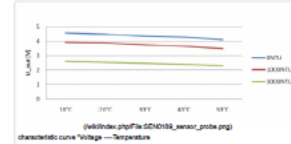
Example 2

```
int ledPin = 13; // connect an LED on pin 13, or use the onboard one
int sensorPin = 2; // connect turbidity sensor to digital pin 2

void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // set ledPin to output mode
  pinMode(sensorPin, INPUT); // set the turbidity sensor pin to input mode
}

void loop() {
  digitalWrite(sensorPin, HIGH); // read sensor signal
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // if sensor is LOW, then turn on led
  delay(1000); // if sensor is HIGH, then turn off the led
}
```

This is a reference chart for the mapping from the output voltage to the NTU according to different temperature. e.g. if you leave the sensor in the pure water, the is NTU = 0.5, it should output "4.5V" when temperature is 10-20°C.



([wiki/index.php/File:SEN0189_sensor_probe.png](#)) characteristic curve "Voltage — Temperature"

Note: In the diagram, the unit measuring turbidity is shown as NTU, also it is known as JTU (Jackson Turbidity Unit), 1JTU = 1NTU = 1 mg/L. Refer to Turbidity wikipedia (<https://en.wikipedia.org/wiki/Turbidity>)

FAQ

There are no questions about this product yet. If you have any problems or suggestions, you are welcome to email to us or post on our Forum!

Q4. I4, I always get 0.04 in the serial port, and there is no change, even I block the transmit tube.

A. I4, please check the probe connection cable. If you plug it with a wrong side, it won't work.

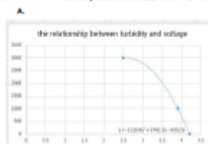


([wiki/index.php/File:SEN0189_Probe_Connection.jpg](#))

Q2. The relationship between turbidity and voltage as follows:

https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Turbidity_sensor_SKU_SEN0189

2/3



([wiki/index.php/File:Relationship_diagram.jpg](#))

For any questions or feedback, please visit DFRobot Forum (<http://www.dfrobot.com/forum>)

More

Schematic: (https://github.com/mikoduhobby/DFRobot_Turbidity_sensor/tree/master/SEN0189%20Turbidity%20Sensor%20V1.0%20Schematic.pdf)

Probe Dimension: (https://github.com/mikoduhobby/DFRobot_Turbidity_sensor/tree/master/Probe_Dimension.png)

Adapter Dimension: (https://github.com/mikoduhobby/DFRobot_Turbidity_sensor/tree/master/Adapter_Dimension.png)

Get it from [Gravity Analog Turbidity Sensor For Arduino](#) (<https://www.dfrobot.com/product-1364.html>)

Category: DFRobot (<https://www.dfrobot.com/>) > Sensors & Modules (<https://www.dfrobot.com/category-155.html>) > Sensors

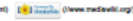
(<https://www.dfrobot.com/category-38.html>) > Liquid Sensors (<https://www.dfrobot.com/category-69.html>)

This page was last modified on 25 May 2017, at 08:01.

Content is available under GNU Free Documentation License 1.3 or later (<https://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) unless otherwise noted.



(<https://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)



(<https://www.mediawiki.org/>)

2 Mechanical specifications

Parameter	Specification	
A	16.0 ±0.5/0.1mm	[528.0 ±26/4mm]
B	12.2 ±0.1mm	[479.5 ±4mm]
C	2.4 ±0.2mm	[94.3 ±4mm]
D	3.2 ±0.3/0.1mm	[99.3 ±19/4mm]
E	1.1 ±0.1mm	[43.2 ±4mm]
F	3.2 ±0.1mm	[117.9 ±4mm]
G	1.1 ±0.1mm	[43.2 ±4mm]
Weight	1.6 g	

Table 8: Dimensions

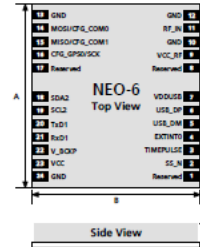


Figure 2: Dimensions (see Table 9 for specifications)

For information regarding the Paste Mask and Footprint see the LEA-6/NEO-6 Hardware Integration Manual [1].

2.1 Pin assignment

No	Module	Name	I/O	Description
1	All	Reserved	I	Reserved
2	All	SL_N	I	SP Slave Select
3	All	TIMEPULSE	O	Time pulse (1PPS)
4	All	EXTINT0	I	External Interrupt Pin
5	All	USL_DM	I/O	USB Data
6	All	USL_DP	I/O	USB Data
7	All	VDDUSB	I	USB Supply
8	All	Reserved		See Hardware Integration Manual Pin 8 and 9 must be connected together.
9	All	VCC_RF	O	Output Voltage RF section Pin 8 and 9 must be connected together.
10	All	GND	I	Ground
11	All	RF_N	I	GPS signal input
12	All	GND	I	Ground
13	All	GND	I	Ground
14	All	MOSI_CFG_CMD0	O/I	SP MOSI / Configuration Pin. Leave open if not used.
15	All	MISO_CFG_CMD1	I	SP MISO / Configuration Pin. Leave open if not used.
16	All	CFG_SPS/SSCK	I	Power Mode Configuration Pin / SP Clock. Leave open if not used.
17	All	Reserved		Reserved
18	All	SDA2	I/O	I2C Data
19	All	SCL2	I/O	I2C Clock
20	All	TxD1	O	Serial Port 1
21	All	RxD1	I	Serial Port 1
22	All	V_BCKP	I	Backup voltage supply
23	All	VCC	I	Supply voltage
24	All	GND	I	Ground

Table 9: Pinout

Pins designated Reserved should not be used. For more information about Pinouts see the LEA-6/NEO-6 Hardware Integration Manual [1].

3 Electrical specifications

3.1 Absolute maximum ratings

Parameter	Symbol	Module	Condition	Min	Max	Units
Power supply voltage (VCC)	Vcc	NEO-6G, NEO-6Q, NEO-6M		-0.5	2.0	V
Backup battery voltage (V_BCKP)	Vbckp	All		-0.5	3.6	V
USB supply voltage (VDDUSB)	Vddusb	All		-0.5	3.6	V
Input pin voltage	Vin	All		-0.5	Vcc + 0.5	V
Vcc_RF output current	Iccrf	All		-0.5	Vddusb	V
Input power at RF_N	Pfin	All	source impedance = 50 Ω, continuous wave		-5	dBm
Storage temperature	Tstg	All		-40	85	°C

Table 10: Absolute maximum ratings

GPS receivers are Electrostatic Sensitive Devices (ESD) and require special precautions when handling. For more information see the LEA-6/NEO-6 Hardware Integration Manual [1].

Stressing the device beyond the "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage. These are stress ratings only. The product is not protected against overvoltage or reversed voltages. If necessary, voltage spikes exceeding the power supply voltage specification, given in table above, must be limited to values within the specified boundaries by using appropriate protection diodes.

3.2 Operating conditions

All specifications are at an ambient temperature of 25°C.

Parameter	Symbol	Module	Min	Typ	Max	Units	Condition
Power supply voltage (VCC)	Vcc	NEO-6G, NEO-6Q, NEO-6M	1.75	1.8	1.95	V	
Backup battery voltage	Vbckp	All	1.4		3.6	V	
Backup battery current	Ibckp	All		22		µA	Vbckp = 1.8 V
Input pin voltage range	Vin	All			Vcc	V	
Input pin low voltage	Vin_low_1	All			0.2x Vcc	V	
Input pin high voltage	Vin_high_1	All	0.7x Vcc			V	
Output pin low voltage	Vout_low	All			0.4	V	Iout = 4 mA
Output pin high voltage	Vout_high	All	Vcc - 0.4			V	Iout = 4 mA
VDDUSB (Pin 24) for USB operation	Vddusb1	All		3.0*	3.6	V	
USB_DM, USB_DP	Vnu	All					Compatible with USB with 22 Ohms series resistance
Antenna gain	Gant	All			50	dB	
Receiver Chain Noise Figure	Nfnt	All			3.0	dB	
VCC_RF voltage	Vccrf	All			Vcc - 0.1	V	
VCC_RF output current	Iccrf	All			50	mA	
Operating temperature	Topr	All	-40		85	°C	

Table 11: Operating conditions

Operation beyond the specified operating conditions can affect device reliability.

* If USB not used connect to GND

wanscam

Wireless/Wired Network IP Camera

Night Vision & Remote Operation

User Manual

-
-
-
-
-

0

Shenzhen Wanscam Technology Co.,Ltd

1. Product Introduction

1.1 Safety Instructions

- (1). Use the proper power source.
Do not use this product with a power source that supplies more than the specified Voltage (100-240V AC).
- (2). Never insert anything metallic into the camera.
Inserting metal object into the camera can be a source of dangerous electric shock.
- (3). Do not operate in wet or dusty environment.
Avoid places like a damp basement or dusty hallway.
- (4). Do not attempt to disassemble the camera.
You may be subjected to severe electrical shock if you attempt to take apart the camera while the camera is connected to its power source. If there are any unusual sounds or smells coming from the camera, unplug it immediately and contact Customer Service.
- (5). Handle the camera carefully
Dropping the camera on any hard surface may cause a malfunction. If the camera does not work properly due to physical damage, please contact Customer Service for repair or exchange.
- (6). Apply to FCC and CE Rule
This device complies with part 15 of the FCC and CE Rules. Operation is subject to the following two conditions:
1: This device may not cause harmful interference.
2: This device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.
Any changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment. This equipment complies with FCC and CE radiation exposure limits set forth for uncontrolled environment. This equipment should be installed and operated with minimum distance 20 cm between the radiator & your body.
This transmitter must not be co-located or operating in conjunction with any other antenna or transmitter.

1.2. Product Specifications

- * Adopt High Performance, strong function media processor 32BIT RISC
- * High sensor CMOS
- * Adopt optimized MJPEG video compression algorithm, realize high-definition images transmission in narrow bandwidth;
- * Maximum support 16 users viewing at the same time, no limit for users if using forwarder server function;

3

Shenzhen Wanscam Technology Co.,Ltd

- * Built in Web Server, convenient for users to use standard browser to realize the real time monitoring and setting administration;
- * Support WIFI 802.11b/g wireless networking;
- * Support remote system update;
- * Support DDNS analysis, support LAN & Internet (ADSL Cable Modem)
- * Support variety of network protocol: TCP/IP, UDP, SMTP, PPPoE, Dynamic DNS, DNS Client, SNMP, BOOTP, DHCP, FTP, SNMP, WIFI/802.11b/g
- * Parts of model products support one-way two-way audio, talkback;
- * Support motion detection alarm function (area & sensitivity Configurable);
- * Support Image snapshot
- * Abnormal automatic recovery function, auto reconnection available when network interruption occurred;
- * Dynamic alarm function, alarm time-schedule configurable.

1.3. System Requirements

CPU:	2.06GHZ or above
Memory:	256M or above
Network Card:	10M or above
Display Card:	64M or above
Operating System:	Windows XP/Vista/Windows 7 (32 bit)
Hard Disk Drive:	No Maximum Storage Requirement
Internet Explorer:	Version 5.0 or above
DirectX:	Version 8.0 or above
Audio Card:	PC must have microphone and speaker connected and configured for 2-Way audio play.
Network Protocol:	TCP/IP, UDP, SMTP, PPPoE, Dynamic DNS, DNS Client, SMTP, BOOTP, FTP, SNMP, WIF (802.11 b/g)

1.4. Product Views

1.4.1 Front View

4

Shenzhen Wanscam Technology Co.,Ltd



Figure 1.1

1.4.2 Interface View



Figure 1.2

- 1: Audio Out, 2: Audio In
- 3: Ethernet interface: RJ-45 interface. Power Supply Light: constant on after power up
- Network light: constant sparkle after power up data transmission.
- 4: Antenna:
- 5: Power Input Interface: connect direct current 5V Power

1.5 Hardware Installation

- Follow the steps below to set up your camera hardware. Make sure to follow each step carefully to ensure that the camera operates properly
1. Install the Wi-Fi antenna (For wireless model).
 2. Plug the power adaptor into camera
 3. Plug the network cable into camera, the other side to the router/switch
 4. It takes approx 30 seconds to boot up the camera, then you will find the IP address from Search Tool (Figure: 1.8)
 5. When the power on and network cable connected, the green led of the real panel will keep on, The yellow led will keep flash.

5

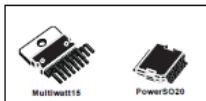
Shenzhen Wanscam Technology Co.,Ltd



L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

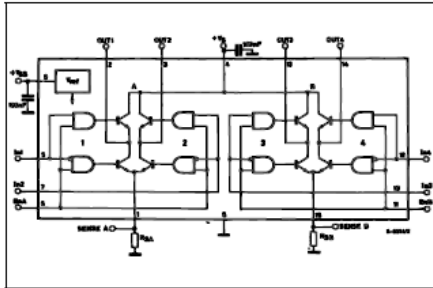
- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL '0' INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)



ORDERING NUMBERS : L298N (Multit Watt Ver.)
L298HN (Multit Watt Horiz.)
L298P (PowerSO20)

nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM



January 2000

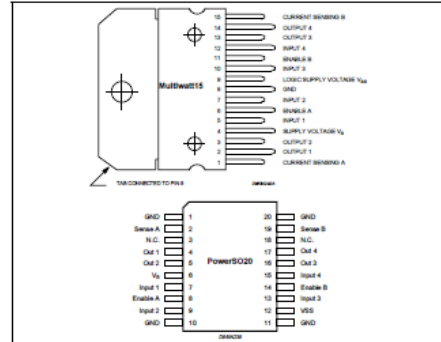
1/13

L298

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	Power Supply	50	V
V _{IN}	Logic Supply Voltage	7	V
V _{IN}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I _O	Peak Output Current (each Channel)	3	A
	- Non Repetitive (t = 100µs)	2.5	A
	- Repetitive (80% on -20% off, t _{on} = 10ms)	2	A
	-DC Operation		
V _{SEN}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P _{tot}	Total Power Dissipation (T _{amb} = 75°C)	25	W
T _{stg}	Junction Operating Temperature	-55 to 150	°C
T _{amb}	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multit Watt	Unit
R _{θJA}	Thermal Resistance Junction-case	Max	3	°C/W
R _{θJA}	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	13 (*)	°C/W

(*) Mounted on aluminum substrate

2/13



L298

PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1,15	2,19	Sense A, Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2,3	4,5	Out 1, Out 2	Outside of the bridge A, the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V _{DD}	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5,7	7,9	Input 1, Input 2	TTL Compatible inputs of the bridge A.
8,11	8,14	Enable A, Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GROUND	Ground.
9	12	V _{SEN}	Sensing Voltage for the Logic Blocks. A 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10,12	13,15	Input 3, Input 4	TTL Compatible inputs of the bridge B.
13,14	16,17	Out 3, Out 4	Outside of the bridge B, the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
-	3,18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 42V; V_{SEN} = 5V; T_J = 25°C, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _{DD}	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V _{DD} > 2.5	42		V
I _{DD}	Logic Supply Current (pin 4)	V _{IN} = H; I _L = 0	4.5	5	7	µA
I _{DD}	Quiescent Current (pin 4)	V _{IN} = L; V _{SEN} = L		13	22	mA
I _{DD}	Quiescent Current from V _{DD} (pin 9)	V _{IN} = H; I _L = 0		24	38	mA
I _{DD}	Quiescent Current from V _{DD} (pin 9)	V _{IN} = L; V _{SEN} = L		7	12	mA
V _{IL}	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)	V _{DD} = L		<0.3	1.5	V
V _{IH}	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)	V _{DD} = L		2.3	V _{DD}	V
I _L	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _{IN} = L			-10	µA
I _L	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _{IN} = H; V _{SEN} = 0.5V		30	100	µA
V _{OL}	Enable Low Voltage (pins 8, 11)	V _{DD} = L		<0.3	1.5	V
V _{OHL}	Enable High Voltage (pins 8, 11)	V _{DD} = L		2.3	V _{DD}	V
I _{EN}	Low Voltage Enable Current (pins 8, 11)	V _{DD} = L			<10	µA
I _{EN}	High Voltage Enable Current (pins 8, 11)	V _{DD} = H; V _{SEN} = 0.5V		30	100	µA
V _{CE(sat)}	Source Saturation Voltage	I _L = 1A; V _{SEN} = 2A	0.05	1.35	1.7	V
V _{CE(sat)}	Sink Saturation Voltage	I _L = 1A; V _{SEN} = 2A	0.05	1.2	1.6	V
V _{CE(sat)}	Total Drop	I _L = 1A; V _{SEN} = 2A	1.80	3.2	3.2	V
V _{SEN}	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1	(1)	2	V



3/13

L298

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T ₁ (N)	Source Current Turn-off Delay	0.5 V _{DD} to 0 V, (2) (4)		1.5		µs
T ₂ (N)	Source Current Fall Time	0.5 V _{DD} to 0 V, (2) (4)		0.2		µs
T ₃ (N)	Source Current Turn-on Delay	0.5 V _{DD} to 0.1 V, (2) (4)		2		µs
T ₄ (N)	Source Current Rise Time	0.1 V to 0.9 V, (2) (4)		0.7		µs
T ₅ (N)	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V _{DD} to 0 V, (3) (4)		0.7		µs
T ₆ (N)	Sink Current Fall Time	0.5 V _{DD} to 0 V, (3) (4)		0.25		µs
T ₇ (N)	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V _{DD} to 0.1 V, (3) (4)		1.8		µs
T ₈ (N)	Sink Current Rise Time	0.1 V to 0.9 V, (3) (4)		0.2		µs
f _c (V)	Commutation Frequency	I _L = 2A		25	40	kHz
T ₁ (N _{DD})	Source Current Turn-off Delay	0.5 V _{DD} to 0 V, (2) (4)		3		µs
T ₂ (N _{DD})	Source Current Fall Time	0.5 V _{DD} to 0 V, (2) (4)		1		µs
T ₃ (N _{DD})	Source Current Turn-on Delay	0.5 V _{DD} to 0.1 V, (2) (4)		0.3		µs
T ₄ (N _{DD})	Source Current Rise Time	0.1 V to 0.9 V, (2) (4)		0.4		µs
T ₅ (N _{DD})	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V _{DD} to 0 V, (3) (4)		2.2		µs
T ₆ (N _{DD})	Sink Current Fall Time	0.5 V _{DD} to 0 V, (3) (4)		0.35		µs
T ₇ (N _{DD})	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V _{DD} to 0.1 V, (3) (4)		0.25		µs
T ₈ (N _{DD})	Sink Current Rise Time	0.1 V to 0.9 V, (3) (4)		0.1		µs

1) Switching voltage can be -1 V for t₁ < 50 ns; in steady state V_{SEN} min = 0.5 V.
2) See Fig. 2.
3) See Fig. 3.
4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

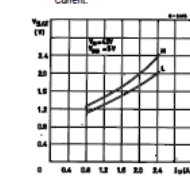
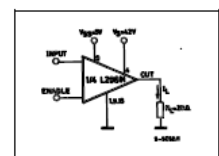


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



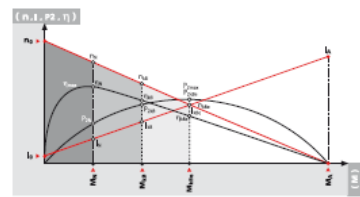
Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set EN = H

4/13

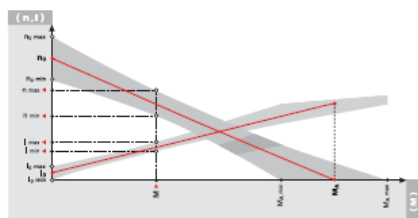


CARACTERÍSTICAS DE LAS CURVAS - CHARACTERISTIC CURVES
CARACTÉRISTIQUES DES COURBES - LEISTUNGSKURVEN

	Servicio continuo Continuous running Service continu Dauerbetrieb
	Servicio intermitente Short operation Service intermittent Kurzbetrieb
	Servicio de muy corta duración Very short operation Service de très courte durée Extremkurzbetrieb

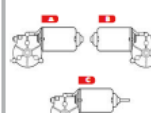
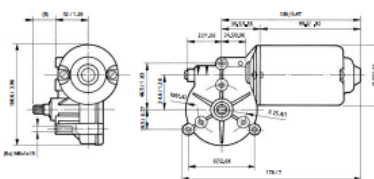


MARGENS DE TOLERANCIA - TOLERANCE ZONES - MARGES DE TOLERANCE - TOLERANZBEREICH

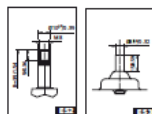
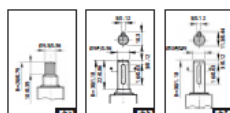


- | | |
|---|---|
| <p>■ Los valores de Slogans (N) corresponden al π y la constante δ de la corriente de salida en el π-punto de Slogans.</p> <p>■ Los valores normales (O₁, π, μ, δ) están determinados por las funciones normales (N-VDD5030) a condiciones ambientales normales. Tolerance $\pm 10\%$.</p> <p>■ Los valores π y μ normal en π-punto.</p> | <p>■ Los valores de Slogans (N) corresponden al π y la constante δ de la corriente de salida en el π-punto de Slogans.</p> <p>■ Los valores normales (O₁, π, μ, δ) están determinados por las funciones normales (N-VDD5030) a condiciones ambientales normales. Tolerance $\pm 10\%$.</p> <p>■ Los valores π y μ normal en π-punto.</p> |
| <p>■ El nivel lógico (N_L) corresponde a la tensión en el current of the motor in cold temperature with the current distributed.</p> <p>■ Los valores normales (N_L, μ, δ) están determinados por las funciones normales (N-VDD5030) a condiciones ambientales normales. Tolerance $\pm 10\%$.</p> <p>■ Los valores μ y δ normal en cold temperature.</p> | <p>■ El Wert für π der Antriebsstrom und der Ausgangsstrom des Motors ist entgegengesetzt dem Drehmoment und der Strom des Motors im kalten Zustand mit dieser δ-Abgrenzung.</p> <p>■ Die Normwerte werden mit π-Einstellung bei δ-Ausdehnung (N-VDD5030) unter normalen Umgebungsbedingungen bestimmt. Toleranz $\pm 10\%$.</p> <p>■ Die Werte μ und δ sind normal bei kaltem Motor.</p> |

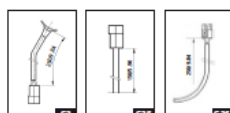
MOTOREDUCTOR C.C.
D.C. MOTOR WITH GEAR
MOTOREDUCTEUR C.C.
GLEICHSTROMGETRIEBEMOTOR

[illegible][illegible]

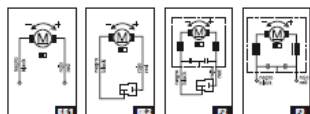
EX-SHAFT-ABREGE-WELLE



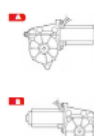
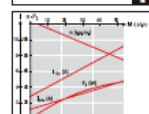
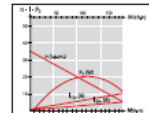
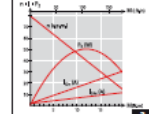
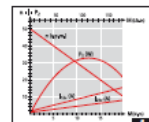
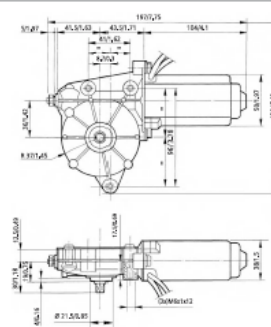
CONDIÇÕES - CONNECTIONS - CONNEXIONS - ANSCHLUSSART



ESOLUNGA ELÉCTRICO - WIRING DIAGRAM
SƠ HỒNG ĐIỆN TRÍ LƯU - SCHALTBILD



CURVAS - CURVES - COURBES - KURVEN

[illegible]

1.XBee-PRO® 900 OEM RF Modules

The XBee-PRO® 900 OEM RF Modules were engineered to support the unique needs of low-cost, low-power wireless sensor networks. The modules require minimal power and provide reliable delivery of data between remote devices.

The modules operate within the ISM 900 MHz frequency band.

Key Features

High Performance, Low Cost

- Indoor/Urban: up to 450ft (140m)
- Outdoor line-of-sight: up to 1.8 miles (3 km)
- Transmit Power Output: 50 mW (+17dBm)
- Receiver Sensitivity: -100 dBm
- RF Data Rate: 156.25 kbps

Advanced Networking & Security

- Retries and Acknowledgements
- Point-to-point, point-to-multipoint and peer-to-peer topologies supported
- Self-routing, self-healing mesh networking

Low Power

- XBee-PRO® 900
- TX Current: 210 mA (@3.3 V)
- RX Current: 80mA (@3.3 V)
- 60 uA typical cyclic sleep.

Easy-to-Use

- No configuration necessary for out-of-the-box RF communications
- AT and API Command Modes for configuring module parameters
- Small form factor
- Extensive command set
- Free X-CTU Software (Testing and configuration software)

Worldwide Acceptance

FCC Approval (USA) Refer to Appendix B for FCC Requirements. Systems that contain XBee-PRO® 900 RF Modules inherit Digi Certifications.

ISM (Industrial, Scientific & Medical) 900 MHz Frequency Band

Manufactured under ISO 9001:2000 registered standards

XBee-PRO® 900 RF Modules are optimized for use in **US, Canada**, (contact Digi for complete list of agency approvals).



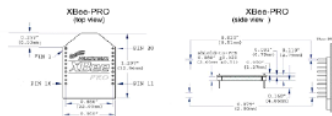
Specifications

Specifications of the XBee-PRO 900 OEM RF Module

Specification	XBee-PRO 900
Performance	
Indoor/Urban Range	up to 450ft (140m)
Outdoor RF line-of-sight Range	up to 1.8 miles (3 km) w/ 5dBi UHF dipole antenna up to 3 miles (5 km) w/ high gain antenna
Transmit Power Output	+17 dBm (50 mW)
RF Data Rate	156.25 kbps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	3.3V CMOS Serial UART (5V tolerant UART)
Receiver Sensitivity	-100dBm
Power Requirements	
Supply Voltage	3.0 to 3.6 VDC
Operating Current	210mA (180 mA typical)
Operating Current (Sleep)	80mA
Sleep Current	60 uA typical @ 3.3V
General	
Operating Frequency Band	902-928 MHz (ISM)
Dimensions	0.960 in x 1.312 in x 0.445 in x 3.330 in
Operating Temperature	-40 to 85°C (Industrial), 0 to 85°C non-industrial
Connector Options	18 wire wire antenna, 10P50MA RF connector, U/I RF connector
Networking & Security	
Supported Network Topologies	Mesh, point-to-point, point-to-multipoint, peer-to-peer
Number of Channels (software selectable)	8 hopping patterns on 12 channels
Addressing Options	PAN ID, Channel, 64-bit addresses
Encryption	128 bit AES
Agency Approvals	
United States (FCC Part 15.247)	FCC ID: MCO-488E08P
Industry Canada (IC)	IC: 1486A-488E08P
Europe (CE)	NA

Mechanical Drawings

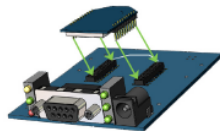
Mechanical drawings of the XBee-PRO 900 OEM RF Module (antenna options not shown)



Mounting Considerations

The XBee-PRO® 900 RF Module (through-hole) was designed to mount into a receptacle (socket) and therefore does not require any soldering when mounting it to a board. The development kits contain RS-232 and USB interface boards which use two 20-pin receptacles to receive modules.

XBee-PRO 900 Module Mounting to an RS-232 Interface Board.



The receptacles used on Digi development boards are manufactured by Century Interconnect. Several other manufacturers provide comparable mounting solutions; however, Digi currently uses the following receptacles:

- Through-hole single-row receptacles - Samtec P/N: MMS-110-01-L-5V (or equivalent)
- Surface-mount double-row receptacles - Century Interconnect P/N: CPNRSJ20-D-0-1 (or equivalent)
- Surface-mount single-row receptacles - Samtec P/N: SMW-110-02-SM-S

Digi also recommends printing an outline of the module on the board to indicate the orientation the module should be mounted.

Pin Signals

XBee-PRO 900 RF Module Pin Number
(top edge shown - dashed on bottom)



Pin Assignments for the XBee-PRO 900 Modules (Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

Pin	Signal	Function	Signal Name
1	VCC	Power supply	3.3V
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / DTR	Input	UART Data In
4	DIO12	Either	Digital IO 12
5	RESET	Input/Open-drain output	Module Reset (reset pulse must be at least 100 ns. This must be driven as a open-drain/output. The module will drive the line low when a reset occurs. This line should never be driven high.)
6	PWM1 / RSSI / DIO10	Either	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator / Digital IO
7	PWM1 / DIO11	Either	Digital IO 11
8	Interrupt	-	Do not connect
9	DTX / RESET / PWR DIO8	Either	Pin Sleep Control Line or Digital IO 8
10	GND	-	Ground
11	DIO4/DIO4	Either	Digital IO 4
12	CTS / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital IO 7
13	CK / TXD	Output	Modem Status Indicator or Digital IO 9
14	INT	-	This line must be connected if A/D sampling is desired. Must be between 2.0 V and VCC.
15	Analog In / DIOA05	Either	Analog Input 5, Digital IO 5
16	RST / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Digital IO 6
17	AD0 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital IO 3
18	AD1 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital IO 2
19	AD0 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital IO 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0, Digital IO 0

Design Notes:

- Minimum connections: VCC, GND, DOUT & DIN
- Minimum connections to support serial firmware upgrades: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS & DTR
- Signal Direction is specified with respect to the module
- Module includes an internal 5K Ohm resistor to RESET
- Several of the input pull-ups can be configured using the PR command
- Unused pins should be left disconnected

To ensure proper power up, VCC SLOPE must be superior or equal to RxD/S.

GSM/GPRS Shield

Datasheet



Tinysine Electronics © 2014
Version 1.0

INTRODUCTION

The GPRS/GSM Shield provides you a way to use the GSM cell phone network to receive data from a remote location. The shield allows you to achieve this via any of the three methods:

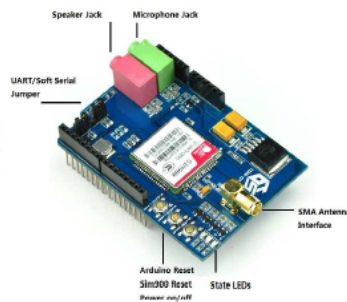
- Short Message Service
- Audio
- GPRS Service

The GPRS Shield is compatible with all boards which have the same form factor (and pinout) as a standard Arduino Board. The GPRS Shield is configured and controlled via its UART using simple AT commands. Based on the SIM900 module from SIMCOM, the GPRS Shield is like a cell phone. Besides the communications features, the GPRS Shield has 12 GPIOs, 2 PWMs and an ADC.

SPECIFICATIONS

- Quad-Band 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz - would work on GSM networks in all countries across the world.
- GPRS multi-slot class 10/8
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
- Class 4 (2W @850/900MHz)
- Class 1 (1W @1800/1900MHz)
- Control via commands (GSM 07.07, 07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Short message service
- Free serial port selection
- RTC supported with Super Cap
- Power on/off and reset function supported by Arduino Interface

Overview



The indicator LEDs

The GSM Shield has three indicator LEDs for the GSM Shield power, SIM900 power and net status.

GSM Shield power(P):

This LED is used to indicate the power status of the GSM Shield. If the external power supply is connected to the arduino board, then the GSM Shield will get power. This LED will light on.

SIM900 power(S):

This LED is used to indicate the power status of the SIM900. After the SIM900 is powered on, the status LED will light on.

Net Status(N):

This LED is used to indicate the net status. The LED will blink slowly or quickly according to different states.

Status	Description
Off	SIM900 is not running
64ms On/800ms Off	SIM900 not registered to the network
64ms On/3000ms Off	SIM900 registered to the network
64ms On/300ms Off	GPRS communication is established

The buttons

There are 3 buttons on the GSM shield board.

SIM900 Power Button:

Click the GSM shield on your arduino main board. The GSM shield will running automatically when you power up your arduino main board. If you want turn on/off the SIM900 module manually, just press the the sim900 power button one second.

SIM900 Reset Button

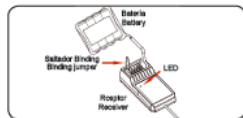
Reset the SIM900 module.

Arduino Reset Button:

Reset the Arduino main board. Same function as the Reset Button which on the arduino main board.

Note: Our test sketch will control D8 pin to turn on the SIM900 when the arduino board is powered up.

ES - 2.4 GHz. Procedimiento



1. Emparejamiento - "Binding"

Como norma general se recibe el receptor con la emisora ya emparejada de fábrica, así que Ud. no tendrá que hacerlo. Sin embargo, si quiere utilizar otra emisora o receptor (siempre que sea de la misma marca), primero tendrá que emparejarlos.

En dicho caso proceda de la siguiente manera:

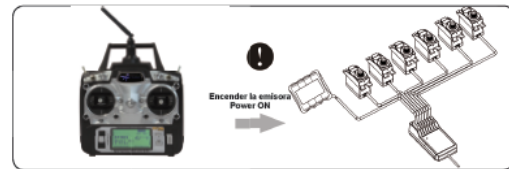
1. Coloque las pilas de la emisora con la emisora apagada.
2. Coloque el Jumper (Antes de Binding) en la conexión de batería del receptor.
3. Conecte la batería del receptor en un canal cualquiera. El LED rojo del receptor empezará a parpadear, y señale así que el receptor se encuentra en modo "Binding".
4. Presione la tecla de emparejamiento de la emisora (en la parte trasera) y manténgala presionada mientras ahora encienda la emisora.
5. A continuación el LED rojo del receptor debería dejar de parpadear, indicando un emparejamiento con éxito.
6. Desconecte ahora el receptor de la corriente, quite el Jumper (Antes de Binding) y apague la emisora.
7. Después vuelva a encender la emisora.
8. Conecte todos los servos al receptor y conecte el receptor a la corriente.
9. Compruebe si todos los servos funcionan correctamente.
10. Si no fuera así, debe repetir todo el procedimiento desde el principio.



2. Ajustar la antena

Existen dos maneras de ajustar la antena. Rogamos que se fije bien en las ilustraciones, ya que se trata de la forma más segura y eficaz para poder usar su modelo de forma segura. La antena ofrece la mejor transmisión en estas posiciones.

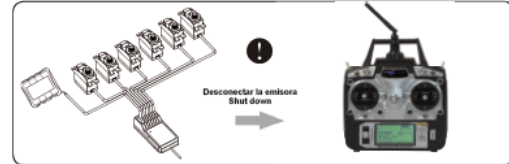
ES - 2.4 GHz. Procedimiento



Encender la emisora
Power ON

3. Cómo activar

1. Poner todo junto.
2. Enciende el transmisor.
3. Conectar la batería al receptor.
4. El LED rojo se enciende permanentemente el receptor, lo que significa que la existencia de una señal real.
5. El sistema se activa y se puede utilizar.



Desconectar la emisora
Shut down

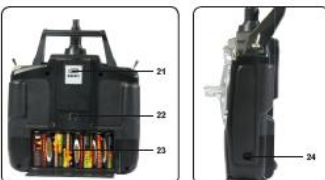
4. Apagar secuencia

1. Desconecte la batería del receptor.
2. Apague el transmisor.



ES - Descripción

1. Antena 2.4 GHz
2. Grifo de transporte
3. Interruptor D (Programable)
4. Interruptor S (Programable)
5. Botón (Programable)
6. Ojal para correa
7. Modo 2 = Mando de peso/rota
8. Modo 4 = Mando de peso/rota
9. Trim de peso
10. Modo 2 = Trim de cola
11. Modo 4 = Trim de alabeo
12. LCD
13. Rollo menú de botón
14. Interruptor C (Programable)
15. Interruptor A (Programable)
16. Botón (Programable)
17. Trim de alabeo
18. Modo 2 = Mando alabeo/alabeo
19. Modo 4 = Mando alabeo/alabeo
20. Trim de alabeo
21. Botón confirmación (Enter)
22. Interruptor On/Off
23. Exit/Antes botón
24. Canal que desee introducir el cable simulador.
25. Compartimento de la batería
26. Toma de carga



ES - Atención

Debido a un dispositivo de seguridad adicional, los 4 interruptores de la emisora tienen que estar en posición "OFF" (apagados) al encender la emisora. Si esto no fuera el caso, aparecerá un aviso en la pantalla y además escuchará un sonido de advertencia, hasta que todos los interruptores se encuentren en la posición correcta.



ES - Pantalla

1. Tipo de programa AFHDS
2. Número del modelo
3. Nombre del modelo
4. Ajuste fino
5. Carga Pilas / Batería
6. Tipo de modelo
7. Ajuste fino

En la pantalla se ve la siguiente información:

1. Tipo de modulación (AFHDS)
2. Número de modelo escogido (1 a 20): Se pueden memorizar hasta 20 modelos distintos en la emisora y resulta muy fácil escoger el modelo deseado o cambiar de modelo.
3. Nombre del modelo: Puede asignarle un nombre (máx. 8 dígitos) a cada modelo memorizado para así encontrar mejor el modelo deseado.
4. El icono del avión o helicóptero indica el tipo de modelo.
5. La barra de carga de la batería / pilas indica el estado de carga de la batería / pilas y la tensión disponible. La barra de carga de la batería / pilas comienza a parpadear, si la tensión baja debajo de 9.5 V, y en caso de bajar debajo de 8.5 V, además se escucha una alarma acústica.

LCA1001



ARDUINO UNO REV 3

Características:

El Uno Arduino es una placa electrónica basada en el ATmega328

Cuenta con 14 entradas / salidas digitales pines (de los cuales 6 pueden ser utilizados como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera de ICSP, y un botón de reinicio.

Contiene todo lo necesario para apoyar a la micro, sólo tiene que conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador AC-DC o la batería para empezar.

El Uno difiere de todas las placas anteriores en que no utilizan el chip controlador USB FTDI a serie

Las características adicionales que vienen con la versión R3 son:

*Lugar 8U2 como USB a serie convertidor de ATmega16U2.

*1,0 pinout: añadido el SDA y SCL pines para la comunicación TWI coloca cerca de la pin AREF y dos pasadores de otros nuevos que se pongan cerca del pin de RESET, el IOREF que permiten a los escudos de adaptarse a la tensión proporcionada por la junta directiva y el segundo un No conecté el pin, que se reserva para usos futuros.

*Circuito RESET.

Especificaciones:

Microcontroller: ATmega328

Operating Voltage: 5V

Supply Voltage (recommended): 7-12V

Maximum supply voltage (not recommended): 20V

Digital I/O Pins: 14 (of which 6 provide PWM output)

Analog Input Pins: 6

DC Current per I/O Pin: 40 mA

DC Current for 3.3V Pin: 50 mA

Flash Memory: 32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader

SRAM: 2 KB (ATmega328)

EEPROM: 1 KB (ATmega328)

Clock Speed: 16 MHz

LCA1010



ARDUINO MEGA 2560

Características:

El Arduino Mega 2560 es una placa electrónica basada en el Atmega2560

Cuenta con 54 entradas / salidas digitales pines (de los cuales 14 se pueden utilizar como salidas PWM) y 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos de hardware de serie), un oscilador de cristal de 16 MHz, un puerto USB

de conexión, un conector de alimentación, una cabecera de ICSP, . y un botón de reinicio

Contiene todo lo necesario para apoyar a la micro, sólo tiene que conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador AC-DC o la batería para empezar. La Mega es compatible con la mayoría de los escudos diseñados para el Arduino Duemilanove o Diecimila

Especificaciones:

Microcontrolador: ATmega2560

Tensión de alimentación: 5V

Tensión de entrada recomendada: 7-12V

Límite de entrada: 6-20V

Pines digitales: 54 (14 con PWM)

Entradas analógicas: 16

Corriente máxima por pin: 40 mA

Corriente máxima para el pin 3.3V: 50 mA

Memoria flash: 256 KB

SRAM: 8 KB

EEPROM: 4 KB

Velocidad de reloj: 16 MHz

Anexo B: Software del NRA

```
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT21
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
#include <DallasTemperature.h>
#include <OneWire.h>
#include <SoftwareSerial.h> //incluimos SoftwareSerial
#include <TinyGPS.h> //incluimos TinyGPS
#define ph_pin A2
//definiciones de los pines dallas
#define dallas 3
OneWire ourWire(dallas);
DallasTemperature sensors(&ourWire);
TinyGPS gps; //Declaramos el objeto gps
SoftwareSerial serialgps(13,15); //Declaramos el pin 4 Tx y 3 Rx
SoftwareSerial SIM900(7, 8); // Configura el puerto serial para el SIM900
const float ArduinoVoltage = 5.00; // CHANGE THIS FOR 3.3v Arduinos
const float ArduinoResolution = ArduinoVoltage / 1024;
const float resistorValue = 10000.0;
int threshold = 3;
int inputPin = A0;
int ouputPin = A5;

int year;
byte month, day, hour, minute, second, hundredths;
unsigned long chars;
unsigned short sentences, failed_checksum;
float latitude, longitude;

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Iniciamos el puerto serie
  serialgps.begin(9600);
  SIM900.begin(9600); //Configura velocidad del puerto serie para el SIM900
  SIM900.println("AT+CPIN=\"1867\""); //Comando AT para introducir el PIN de la tarjeta
  delay(25000); //Tiempo para que encuentre una RED
```

```

dht.begin();
sensors.begin();
Serial.println("testeando.....");
Serial.println(" ---Buscando senal--- ");

}

void loop() {
  while(serialgps.available())
  {
    int c = serialgps.read();
    if(gps.encode(c))
    {
      float latitude, longitude;
      char param;
      float medida1;
      gps.f_get_position(&latitude, &longitude);
      float tamb=temp_amb();
      float hamb= hum_amb();
      int t_agua=temp_agua();
      int ph=ph_agua();
      int conduc=conductividad();
      int turbi=turbidez();
      Serial.print("A");
      Serial.print(tamb);
      Serial.print("B");
      Serial.print(hamb);
      Serial.print("C");
      Serial.print(t_agua);
      Serial.print("D");
      Serial.print(ph);
      Serial.print("E");
      Serial.print(conduc);
      Serial.print("F");
      Serial.print(turbi);
      Serial.print("L");
      Serial.print(latitude,5);

```

```
Serial.print("K");
Serial.print(longitude,5);
gps.crack_datetime(&year,&month,&day,&hour,&minute,&second,&hundredths);
if (hour == 0)
{
    hour=12-5;
}
else
{
    if (hour == 1)
    {
        hour=13-5;
    }
    else
    {
        if (hour == 2)
        {
            hour=14-5;
        }
        else
        {
            if (hour == 3)
            {
                hour=15-5;
            }
            else
            {
                if (hour == 4)
                {
                    hour=16-5;
                }
                else
                {
                    hour=hour-5;
                }
            }
        }
    }
}
```

```

}
}
Serial.print("D");
Serial.print(day, DEC);
Serial.print("M");
Serial.print(month, DEC);
Serial.print("V");
Serial.print(year);
Serial.print("H");
Serial.print(hour, DEC);
Serial.print("O");
Serial.print(minute, DEC);
Serial.print("S");
Serial.print(second, DEC);
Serial.print(".");
Serial.println(hundredths, DEC);
gps.stats(&chars, &sentences, &failed_checksum);
}
}
if (tamb>25 or tamb<-10)
{
para="Temperatura Ambiente";
medida1=tamb;
mensaje_sms(para, medida1, latitude, longitude, hour, minute, second, day, month, year);
}
if (hamb>100 or hamb<0)
{
para="Humedad Relativa Ambiente";
medida1=hamb;
mensaje_sms(para, medida1, latitude, longitude, hour, minute, second, day, month, year);
}
if (t_agua>25 or t_agua<-5)
{
para="Temperatura del Agua";
medida1=t_agua;
mensaje_sms(para, medida1, latitude, longitude, hour, minute, second, day, month, year);
}

```

```

if (ph>9 or ph<6.5)
{
para="pH del Agua";
medida1=ph;
mensaje_sms(para, medida1, latitude, longitude, hour, minute, second, day, month, year);
}
}
if (conduc>300 or conduc<0)
{
para="Conductividad del Agua";
medida1=conduc;
mensaje_sms(para, medida1, latitude, longitude, hour, minute, second, day, month, year);
}
}
if (turbi>100 or turbi<50)
{
para="Turbidez del Agua";
medida1=turbi;
mensaje_sms(para, medida1, latitude, longitude, hour, minute, second, day, month, year);
}
}

```

```

void mensaje_sms(char parametro, float medida, float lati, float longi, float hor, float minu, float
segun, float di, float mes, float anio)
{
Serial.println("Enviando SMS...");
SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Comando AT para mandar un SMS
delay(1000);
SIM900.println("AT+CMGS=\"0995689581\""); //Numero al que vamos a enviar el mensaje
delay(1000);
SIM900.println("SSECAL NRA_1: Parametro fuera del rango permisible");// Texto del SMS
SIM900.println(parametro);
SIM900.println("Latitud: ");
SIM900.println(lati);
SIM900.println("Longitud: ");
SIM900.println(longi);
SIM900.println("Hora: ");
}

```

```

SIM900.println(hor);
SIM900.println(":");
SIM900.println(minu);
SIM900.println(":");
SIM900.println(segund);
SIM900.println("Fecha: ");
SIM900.println(di);
SIM900.println("/");
SIM900.println(mes);
SIM900.println("/");
SIM900.println(ano);
delay(100);
SIM900.println((char)26);//Comando de finalizacion ^Z
delay(100);
SIM900.println();
delay(5000); // Esperamos un tiempo para que envíe el SMS
Serial.println("SMS enviado");
}

//funcion devuelve la temperatura del ambiente
float temp_amb(){
    float h = dht.readHumidity();
    float t = dht.readTemperature();
    if (isnan(t) || isnan(h)) {
        Serial.println("Failed to read from DHT");
    }
    else{
        //Serial.print("temperatura: ");
        //Serial.print(t);
        return t;
    }
}

//funcion devuelve la humedad de ambiente
float hum_amb(){
    float h = dht.readHumidity();
    float t = dht.readTemperature();
    if (isnan(t) || isnan(h)) {
        Serial.println("Failed to read from DHT");
    }
}

```

```

    }
    else{
        //Serial.print("Hum: ");
        //Serial.print(h);
        return h;
    }
}

//funcion devuelve la temperatura del dallas
int temp_agua(){
    sensors.requestTemperatures(); //Prepara el sensor para la lectura
    int t_agua=0;
    t_agua=sensors.getTempCByIndex(0);
    //Serial.print("Tem_agua: ");
    //Serial.print(t_agua);
    return t_agua;
}

// funcion para tomar el ph del agua
float ph_agua(){
    int measure = analogRead(ph_pin);
    double voltage = 5 / 1024.0 * measure; //classic digital to voltage conversion
    // PH_step = (voltage@PH7 - voltage@PH4) / (PH7 - PH4)
    // PH_probe = PH7 - ((voltage@PH7 - voltage@probe) / PH_step)
    float Po = 7 - ((2.5 - voltage) / 0.18);
    return Po;
}

// funcion para tomar la conductividad del agua
float conductividad(){
    int analogValue=0;
    int oldAnalogValue=1000;
    float returnVoltage=0.0;
    float resistance=0.0;
    double Siemens;
    float TDS=0.0;
    while(((oldAnalogValue-analogValue)>threshold) || (oldAnalogValue<50))
    {
        oldAnalogValue = analogValue;
        digitalWrite( ouputPin, HIGH );
    }
}

```



```
delay(10); // allow ringing to stop
analogValue = analogRead( inputPin );
digitalWrite( ouputPin, LOW );
}
returnVoltage = analogValue *ArduinoResolution;
resistance = ((5.00 * resistorValue) / returnVoltage) - resistorValue;
Siemens = 1.0/(resistance/1000000);
TDS = 500 * (Siemens/1000);
return TDS;
}
```

Anexo C: Reporte Generado en la Estación Remota a Tierra

Reporte - Microsoft Excel

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA Mary Mendoza

A1 : X ✓ fx REPORTE DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE;

**REPORTE DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE;
TEMPERATURA, PH, CONDUCTIVIDAD, TURBIDEZ DEL AGUA PRESENTE EN LAGOS Y LAGUNAS**

Reporte Nro: 1

Fecha: 15/08/2017

Hora de generación: 11:04:47 AM

Nodo: A

Parámetros	Límites Permisibles
Temperatura Ambiente	Condiciones naturales +/- 3 y máxima de 50°C
Humedad Relativa Ambiente	-
Temperatura del Agua	Condiciones naturales +/- 3 y máxima de 20°C
pH del Agua	6,5 - 9
Conductividad del Agua	>3000 µS/cm
Turbidez del Agua	Condiciones naturales +10% 50 - 100 NTU

Reporte de Mediciones

Hora	Fecha	TEMPERATURA DEL AGUA °c	pH DEL AGUA	CONDUCTIVIDAD µS/cm	TURBIDEZ NTU	TEMPERATURA DEL AMBIENTE ° C	HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE %HR	LATITUD	LONGITUD
10:20:15	10/08/2017	18	6,9	521,5	70,5	22	53	-1,650993	-78,638985
10:40:35	10/08/2017	18	6,9	521,5	70,6	21	53	-1,651141	-78,638952
10:57:45	10/08/2017	18	6,9	521,5	70,8	21	53	-1,651289	-78,638919
11:15:38	10/08/2017	18	6,9	522	70,8	21	53	-1,651437	-78,638886
10:30:10	11/08/2017	18	6,9	521,5	70,5	21	53	-1,651585	-78,638853
10:40:55	11/08/2017	18	6,9	522	70,6	21	53	-1,651733	-78,638882
10:59:45	11/08/2017	18	7	522	70,8	21	53	-1,651881	-78,638787

page 1